



تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز حمد و ستایش خویش را به درگاه تنها معبود یکتا و خالق هستی بخش ابراز نموده و پیشانی خویش را بر خاک عبودیت سائیده که این یگانه هستی بخش، با صفت رحمانیت و حکمت خویش بر بنده ناچیز منت نهاده و مرا موفق ساخته تا با آموختن بیشتر، مسئولیت بالاتری در جهت کاربرد این آموخته‌ها را بر عهده گیرم. انشاءالله در راه کسب رضای حق تعالی کوشا باشم.

در ادامه جا دارد مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر فرزاد رجایی ابراز نمایم که در مقام استاد راهنمایی این جانب از هیچ کمکی دریغ نکردند، همچنین از جناب آقای دکتر محمودی ریاست محترم گروه آناتومی و تمامی اساتید گرانقدری که در طول دوران تحصیل مرا یاری نمودند، کمال تشکر و سپاس را دارم. در پایان از تمامی کسانی که به نحوی از کمک و راهنمایی آن‌ها استفاده شده از جمله خانواده عزیزم نهایت قدردانی را داشته و برای تمامی این عزیزان آرزوی سلامت، موفقیت و سربلندی در همه مراحل زندگی را دارم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که بی ادعا در مسیر زندگی ام پشتیبانم هستند.
دست های مهربانشان بوی عشق و صفا می دهد و
تلاً لو اخلاص در چشمانشان پر فروغ است.
بر این دست ها که بوسه گاه رسول عشق است،
بوسه مهر می زنم و از درگاه ایزد یگانه، استواری
گام هایشان را خواستارم.

جمهوری اسلامی ایران

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی



دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قزوین
دانشکده پزشکی

پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد

عنوان پایان نامه:

بررسی اثرات امواج ماکروویو بر روی تغییرات مورفومتریک پروستات و سمینال وزیکول خرگوش

استاد راهنما:

دکتر فرزاد رجایی

اساتید مشاور:

دکتر علی صفری دکتر محمود علی پور

نگارش:

منصوره مهدوی غروی

سال تحصیلی ۱۳۹۰-۱۳۹۱

چکیده

زمینه: در طی قرون متمادی و با گذشت سالها، بشر همواره به دنبال پیدا کردن راههایی برای دستیابی به زندگی بهتر و آسوده تر بوده است و بوجود آمدن تکنولوژیهای مختلف و متنوع، علاوه بر آسایش و راحتی که به همراه داشته، خطراتی هم برای سلامتی انسانها به ارمغان آورده است. یکی از این موارد تلفن همراه و امواج مایکروویو میباشد. اگرچه اثرات مثبت تکنولوژی در کیفیت زندگی ما قابل انکار نیست ولی هنوز آثار بیولوژیک آنها بر بافت های بدن مورد بحث است. از این رو هدف ما در این آزمون، بررسی اثرات امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز تلفن همراه روی تغییرات مورفومتریک پروستات و سمینال وزیکول خرگوش نر می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی ۱۸ سر خرگوش نر نیوزلندی به صورت تصادفی به دو گروه تجربی و یک گروه کنترل تقسیم شدند. خرگوش های گروه های تجربی با امواج شبیه سازی شده مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز با توان خروجی ۳ و ۶ وات به مدت ۲ هفته، روزی ۲ ساعت مواجه شدند. بعد از یک هفته استراحت، حیوانات با استفاده از بیهوشی کشته شدند و از پروستات و سمینال وزیکول آنها نمونه های بافتی تهیه شد و پس از آماده سازی بافتی و تهیه لام های میکروسکوپی، ارتفاع پرز پروستات و سمینال وزیکول، ضخامت پرز پروستات و سمینال وزیکول، ضخامت لایه عضلانی در پروستات، تعداد غدد سمینال وزیکول و همچنین میزان ترشحات غدد سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه تعیین و داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه با آزمون تباری دانکن، توکی و شفه مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: ارتفاع پرز پروستات در گروه ۳ وات در مقایسه با گروه کنترل و گروه ۶ وات با کاهش معناداری همراه بود در حالی که در گروه ۶ وات در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($p < 0.01$). ضخامت پرز در هر دو گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل با افزایش همراه بود، این افزایش فقط در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه کنترل معنادار بود ($p < 0.03$). افزایش ضخامت پرز در بین گروه های تجربی معنادار نبود. نتایج حاصله افزایش معنادار ضخامت لایه عضلانی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه

کنترل را نشان دادند ($p < 0.001$). در سمینال وزیکول هم ارتفاع پرز در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). ارتفاع پرز در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ضخامت پرز در گروه تجربی ۳ وات در مقایسه با گروه کنترل و گروه تجربی ۶ وات، کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). تعداد غدد ترشحی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت. تعداد غدد در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات نیز، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ترشحات غدد ترشحی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل به میزان چشمگیری کاهش داشت.

نتیجه گیری: مطالعه حاضر نشان داد که امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز می تواند با ایجاد تغییرات مورفومتریک بر روی پروستات و سمینال وزیکول خرگوش اثرات منفی داشته باشد.

کلیدواژه ها: امواج مایکروویو، تلفن همراه، پروستات، سمینال وزیکول، خرگوش

فهرست مطالب:

عنوان

صفحه

| | |
|--|----|
| فصل اول: مقدمه : | ۵ |
| ۱-۱ مقدمه و اهمیت موضوع: | ۶ |
| ۲-۱ آنتن‌های BTS: | ۸ |
| ۳-۱ امواج الکترومغناطیس : | ۹ |
| ۳-۱-۱ پرتوهای الکترومغناطیس : | ۹ |
| ۳-۳-۱-۲ تعریف فیزیکی امواج الکترومغناطیس : | ۹ |
| ۳-۳-۱-۳ خاصیت پرتوهای الکترومغناطیس : | ۱۰ |
| ۳-۳-۱-۴ خاصیت ذره‌ای پرتوهای الکترومغناطیس : | ۱۱ |
| ۳-۳-۱-۵ طیف الکترومغناطیس : | ۱۲ |
| ۳-۳-۱-۶ مکانیزم اثر میدان‌های الکترومغناطیس : | ۱۴ |
| ۴-۱ فیزیک امواج الکترومغناطیس : | ۱۵ |
| ۴-۱-۱ یکاهای معروف امواج الکترومغناطیس : | ۱۶ |
| ۴-۱-۲ طیف‌نمایی فیزیکی امواج الکترومغناطیسی : | ۱۷ |
| ۴-۱-۳ کاربردهای فیزیکی امواج الکترومغناطیس : | ۱۹ |
| ۵-۱ مکانیزم اثر میدان‌های الکترومغناطیس : | ۲۰ |
| ۵-۱-۱ عمل مستقیم و غیر مستقیم تشعشع : | ۲۰ |
| ۶-۱ امواج مایکروویو : | ۲۷ |
| ۷-۱ مروری بر آناتومی بافت شناسی دستگاه تولید مثل مذکر : | ۲۸ |
| ۸-۱ اهداف و فرضیات : | ۳۰ |
| ۸-۱-۱ اهداف اصلی طرح (General objective) : | ۳۰ |
| ۸-۱-۲ اهداف فرعی طرح (Specific objective) : | ۳۰ |
| ۸-۱-۳ هدف کاربردی : | ۳۰ |
| ۸-۱-۴ فرضیات (Hypothesis) : | ۳۰ |
| فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته و بررسی متون | ۳۴ |
| ۲-۱-۱ مروری بر تحقیقات گذشته و بررسی متون: | ۳۴ |
| فصل سوم : مواد و روش‌ها | ۴۲ |
| ۳-۱-۱ جمعیت مورد مطالعه و چگونگی انجام آزمایش : | ۴۳ |
| ۳-۱-۱-۱ گروه بندی حیوانات : | ۴۳ |
| ۳-۲-۱ دستگاه مولد امواج مایکروویو: | ۴۳ |
| ۳-۳-۱ تهیه محلول‌های مورد نیاز به منظور بررسی مورفومتري: | ۴۴ |
| ۳-۳-۱-۱ طرز تهیه فیکساتور پارافمالدئید ۴٪: | ۴۴ |
| ۳-۳-۱-۲ طرز تهیه هماتوکسیلین: | ۴۵ |
| ۳-۳-۱-۳ طرز تهیه اتوزین: | ۴۵ |
| ۳-۳-۱-۴ طرز تهیه اسیدالکل: | ۴۵ |
| ۳-۳-۱-۵ طرز تهیه کربنات لیتیم: | ۴۵ |
| ۳-۴-۱ تشریح و نمونه برداری: | ۴۶ |

| | |
|----|--|
| ۴۶ | ۵-۳-مراحل آماده سازی بافت جهت مطالعه با میکروسکوپ نوری: |
| ۴۷ | ۳-۵-۱- فیکساسیون Fixation: |
| ۴۷ | ۳-۵-۲- آب گیری Dehydration: |
| ۴۷ | ۳-۵-۳- شفاف سازی Clearing: |
| ۴۷ | ۳-۵-۴- آغشتگی Impregnation: |
| ۴۸ | ۳-۵-۵- قالب گیری Embedding: |
| ۴۸ | ۳-۵-۶- برش یا مقطع گیری Sectioning:: |
| ۴۹ | ۳-۵-۷- رنگ آمیزی Staining: |
| ۴۹ | ۳-۵-۷-۱- مراحل رنگ آمیزی H&E : |
| ۵۰ | ۳-۵-۷-۲- چسباندن لامل: |
| ۵۰ | ۳-۶- بررسی مورفومتريک : |
| ۵۱ | ۳-۷- آنالیز آماری : |
| ۵۲ | فصل چهارم : نتایج و یافته ها: |
| ۵۳ | ۴-۱- نتایج مربوط به بررسی ارتفاع و ضخامت لایه عضلانی در پروستات : |
| ۵۵ | ۴-۲- نتایج مربوط به بررسی ارتفاع و ضخامت پرز، تعداد و میزان ترشحات غدد ترشحي در سمينال وزيكول: |
| ۶۰ | فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری: |
| ۶۱ | ۵-۱- بحث مربوط به تغییرات مورفومتريک پروستات : |
| ۶۴ | ۵-۲- بحث مربوط به تغییرات مورفومتريک سمينال وزيكل : |
| ۶۶ | ۵-۳- نتیجه گیری کلی : |
| ۶۷ | ۵-۴- پیشنهادات : |
| ۶۸ | منابع و مآخذ : |

فصل اول

مقدمه

امروز بیشتر ما تلفن همراه را ابزاری ضروری در زندگی روزمره می دانیم و در کمتر شرایطی از آن شکایت می کنیم. این دستگاه کوچک باعث شده در هر زمان و مکانی در دسترس باشیم. استفاده از تلفن همراه هر روز بیش از پیش در جوامع رواج یافته و بسیاری از افراد از این پدیده نوین ارتباطی به طور مؤثر استفاده می کنند و انواع گوشی های همراه با جدیدترین فناوری ها در بازار عرضه می شوند. دنیای امروز عصر تلویزیون، ماهواره، کامپیوتر، اینترنت و تلفن همراه است. موارد فوق چنان با سرعت وارد زندگی بشر شده و راه نفوذ خود را ادامه می دهند که نمی توان از کنار آنها با بی تفاوتی گذشت؛ بلکه باید با آنها به روش صحیح برخورد نمود تا بیشترین سود و استفاده حاصل آید.

نکته قابل ذکر آن است که گرچه اثرات مثبت تکنولوژی در کیفیت زندگی ما قابل انکار نیست ولی در صورت عدم مدیریت صحیح نیز ممکن است اثرات مضر آن بر زندگی ما غیرقابل جبران باشد (۱ و ۲).
سال ۱۹۸۴ سال پیدایش تلفن همراه در جهان بود که طی چند دهه اخیر استفاده از آن به سرعت رواج یافته است. بر اساس آمارهای به دست آمده، در سال ۱۹۹۱ میلادی تعداد خطوط تلفن همراه در دنیا ۵۴۶ میلیون خط بود که در پایان سال ۲۰۰۶ به رقم یک میلیارد و ۲۷۰ میلیون خط رسید و تا پایان سال ۲۰۱۰ این رقم از مرز ۴ میلیارد نیز گذشت.
استفاده از تلفن همراه و حتی قرار گرفتن در معرض امواج آنتن های تقویت کننده می تواند اثرات مخربی روی سلامت انسان داشته باشد (۳).

با افزایش استفاده از این تکنولوژی جدید در میان مردم، از نوامبر سال ۲۰۰۲ گروهی از شرکت ها شروع به تحقیق و بررسی اثرات امواج رادیویی، تا ۱۰ برابر قوی تر از امواج رادیویی تلفن همراه بر روی سلول ها و ژن ها کردند. براساس گزارش های رسیده از این گروه، امواج رادیویی تلفن همراه هیچ اثر منفی روی سلول ها، ژن ها، و ... بدن انسان ندارد. همچنین سازمان بهداشت جهانی (WHO) نیز با این گفته که امواج رادیویی تلفن همراه اثر مخربی بر سلامت DNA انسان ندارد، موافقت کرد. اما از آنجا که هنوز ادعاهایی مبنی بر خطر این

امواج وجود داشت، این سازمان تحقیقات بیشتری را برای اطمینان به محققان پیشنهاد کرد و پس از بررسی های بیشتر و با گذشت زمان، اثرات زیانبار تلفن همراه تا حدودی نمایان شد (۳).

اما با این حال تمامی کاربران تلفن همراه به دلیل وابستگی بیش از حد به این دستگاه حاضر هستند هر گونه خطر احتمالی را بپذیرند و لحظه ای از این دستگاه دور نمانند.

با توجه به رشد فزاینده استفاده از سیستم های الکترومغناطیسی، مطالعات زیادی در رابطه با اثر این امواج بر روی سیستم های بدن به ویژه سیستم باروری انجام شده است (۴ و ۵). طیف الکترومغناطیس دارای محدوده فرکانسی گسترده ای شامل فرکانس های بسیار پایین (نور مرئی)، رادیوفرکانس ها، مایکروویوها، تشعشعات مادون قرمز، تشعشعات فرابنفش، اشعه ایکس و اشعه گاما می باشد (۳ و ۸). امواج مایکروویو طیفی از امواج الکترومغناطیس در محدوده فرکانس ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز می باشند و طول موج آنها از ۱ میلی متر تا ۱ نانومتر متغیر است که امواج ساطع شده از تلفن های همراه با فرکانس متوسط حدود ۹۱۵ الی ۹۵۰ مگاهرتز میباشد (۹ و ۱۰). با افزایش استفاده از تلفن های همراه (مولد امواج مایکروویو) و احتمال افزایش اثرات سوء ناشی از این امواج، محققین بسیاری در دنیا به مطالعه اثرات این امواج بر روی بدن به خصوص سیستم باروری پرداخته اند (۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴). مطالعاتی که تا کنون در زمینه تاثیر امواج مایکروویو بر سیستم های حیاتی صورت گرفته است، علی رغم اینکه گاهی اوقات نتایج متضادی داشته اند، اما در بسیاری از موارد اثر تخریبی امواج مایکروویو بر ارگان های مختلف بدن را تأیید می کنند (۴ و ۵ و ۱۵ و ۱۶). البته Impact این مطالعات، به علت فقدان گروه کنترل (افرادی که هرگز از تلفن همراه استفاده نکرده اند) پایین است، چرا که در این زمان به سختی می شود افرادی را پیدا کرد که هرگز در معرض تشعشعات تلفن همراه قرار نگرفته باشند. هرچند مطالعه این تابشها بر روی انسانها به صورت in-vivo، به علت مسائل اخلاقی و قانونی امکان پذیر نیست اما مطالعات اپیدمیولوژیک بسیاری در این زمینه بر روی حیوانات و نمونه های انسانی در محیط in-vitro انجام شده و نتایج به دست آمده قابل قبول است. مطالعات اپیدمیولوژیک اخیر، نقش قرار داشتن در معرض تابش امواج تلفن همراه بر روی حرکت، شکل و قابلیت حیات اسپرمها و در نتیجه کاهش توانایی باروری در مردان را نشان داد (۱۷ و ۱۸ و ۲۰). هم چنین

مطالعات نشان داد در میان مردانی که بر روی رادار های امواج الکترومغناطیس کار می کنند، کیفیت مایع منی و آسیب بالینی اسپرم با توجه به شدت و مدت زمان ماندگاری در معرض امواج تغییر کرده است و بین گروه شاهد و مواجهه تفاوت معناداری دیده می شود (۲۱). اثرات امواج مایکروویو بر سیستم های بیولوژیک به طور نسبتاً گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته است؛ ولی بعلاوه قطعی نبودن نتایج حاصله و مشخص نبودن مکانیسم اثر این میدان ها، مطالعات در این زمینه هنوز بطور فعال ادامه دارد.

واقعیت این است که درباره مضرات استفاده بیش از حد از تلفن همراه، بسیار نوشته شده است ولی هشدارها جدی گرفته نمی شوند و در رفتار عموم مردم تاثیر چندانی نمی گذارد.

۲-۱ آنتن‌های BTS

علاوه بر مضرات احتمالی که استفاده از تلفن همراه می‌تواند برای انسان در پی داشته باشد، مساله دیگری که در این زمینه مطرح است، مربوط به مضرات آنتن های BTS در سطح شهر است و اینکه آیا تشعشعات ساطع شده از آنتن‌های BTS تلفن همراه واقعا می‌تواند برای افراد جامعه خطرناک باشد یا خیر؟ آنتن‌های BTS تلفن همراه به آنتن‌هایی گفته می‌شود که در اکثر نقاط شهری شاهد نصب آنها بر روی ساختمان‌ها، تونل‌ها و ... هستیم و به بیان ساده تر باید گفت وظیفه آنتن دهی تلفن‌های همراه هر منطقه را بر عهده دارند. این آنتن‌ها به دلیل مبادله امواج رادیویی و الکترومغناطیسی باعث تولید آلودگی‌ها و مضراتی برای انسان‌ها می‌شوند.

بسیاری از پژوهشگران معتقدند که، تشعشعات حاصل از آنتن‌های BTS برای انسان بسیار مضر است و در واقع قرار گرفتن بیش از حد در مقابل این امواج باعث ناباروری و ایجاد سرطان در افراد می‌شود (۳ و ۵).

۳-۱ امواج الکترومغناطیس

۱-۳-۱ پرتوهای الکترومغناطیس (Electromagnetic radiation)

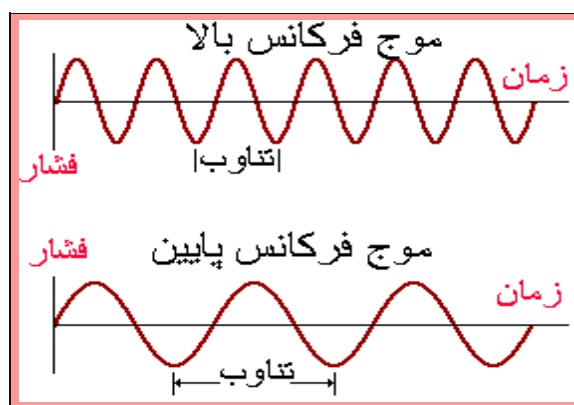
پرتوهای الکترومغناطیس ترکیبی از یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی (متغیر) است که عمود بر هم بوده و در جهت عمود بر دو میدان دیگر در فضا انتشار می‌یابند. در حقیقت پرتوهای الکترومغناطیس انرژی ای هستند که به شکل میدان‌های نوسانی الکتریکی و مغناطیسی از نقطه ای به نقطه دیگر انتقال و انتشار می‌یابند به گونه ای که این دو میدان علاوه بر عمود بودن در امتداد انتشار، بر یکدیگر نیز عمود می‌باشند؛ بنا براین شدت یا بزرگی (Magnitude) هر دو میدان، تابعی (Function) از زمان و مکان خواهد بود. بسیاری از تظاهرات فیزیکی مثل پرتوهای X و امواج ماورای بنفش، نور، پرتوهای مادون قرمز (Infrared)، امواج رادیویی و رادار همگی از جنس پرتوهای الکترومغناطیس می‌باشند. از مهمترین ویژگی‌های پرتوهای الکترومغناطیس ماهیت دوگانه و مضاعف آنها است به این معنی که پرتوهای

الکترومغناطیس هم دارای ظاهر و خاصیت موجی بوده و هم دارای خاصیت ذره ای که به ظاهر دو کیفیت می دو ماهیت متضاد می نمایند (۲۲).

۱-۳-۲ تعریف فیزیکی امواج الکترومغناطیسی

فیزیک امواج الکترومغناطیسی یک رده از فیزیک امواج است که دارای مشخصات زیر است:

- امواج الکترومغناطیسی دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط از لحاظ فرکانس، یا طول موج با هم تفاوت دارند



- در طیف فیزیک امواج الکترومغناطیس هیچ شکافی وجود ندارد . یعنی هر فرکانس دلخواه را می توانیم تولید کنیم.
- برای مقیاس های بسامد یا طول موج، هیچ حد بالا یا پائین تعیین شده ای وجود ندارد.
- از جمله منابع زمینی فیزیک امواج الکترومغناطیسی می توان به فیزیک امواج دستگاه رله تلفن، چراغ های روشنایی و نظایر آن اشاره کرد.
- این فیزیک امواج برای انتشار خود نیاز به محیط مادی ندارند.
- قسمت عمده این فیزیک امواج دارای منبع فرازمینی هستند.
- فیزیک امواج الکترومغناطیسی جزو امواج عرضی هستند (۲۳).

۳-۳-۱ خاصیت پرتوهای الکترومغناطیس

پدیده های مهمی مانند تداخل (Interferenc)، تفرق (Diffraction)، انعکاس (Reflection) و سرانجام شکست یا انکسار (Refraction) پرتوهای الکترومغناطیس، خاصیت موجی آنها را آشکارا محقق می سازند . با توجه به ساختمان پرتوهای الکترومغناطیس، این پرتوها جزء امواج متقاطع یا عرضی (Transvers) محسوب می گردند زیرا امتداد ارتعاش عمود بر جهت انتشار می باشد . یکی از خصوصیات مهم پرتوهای الکترومغناطیس این است که دو میدان نوسان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر جهت انتشار پرتو یا موج الکترومغناطیس است و علاوه بر عمود بودن دو میدان بر یکدیگر، انتقال امواج الکترومغناطیس برخلاف سایر امواج، احتیاج به ماده واسط (Medium) نداشته و به همین علت از خلاء عبور می نماید. به طور کلی امواج و پرتوهای الکترومغناطیس دارای ۴ مشخصه اصلی به شرح زیر می باشند (۲۲):

طول موج (λ , Wave length): فاصله نقاط مشابه (هم ارز) در موج، مثلاً فاصله دو ماکزیمم یا مینیمم متوالی را طول موج می نامند. طول موج پرتو، تابع انرژی آن است و واحد آن نیز واحد طول است.

فرکانس (frequency, ν): عبارت است از تعداد نوسانات کامل یا تعداد سیکل ها در ثانیه.

سرعت (Velocity, c): مسافتی است که موج در مدت یک ثانیه می پیماید. همه پرتوهای الکترومغناطیسی سرعت ثابتی دارند که همان سرعت نور یعنی $300/000$ کیلومتر یا 186000 مایل در ثانیه در خلاء می باشد.

دامنه (Amplitude, α): در واقع قدرت (نیرومندی) موج را مشخص می نماید.

۴-۳-۱ خاصیت ذره ای پرتوهای الکترومغناطیس

همانطور که قبلاً اشاره شد، پرتوهای الکترومغناطیس در عین خاصیت موجی، دارای خاصیت ذره ای نیز می باشند و این به آن معنی است که پرتوهای الکترومغناطیس را می توان به صورت گلوله های ریز که با سرعت نور در حرکتند و مقدار معینی انرژی را حمل می کنند در نظر گرفت؛ در حقیقت این گلوله ها چیزی جز بسته های انرژی نیستند و هر بسته انرژی را یک کوانتوم (Quantum) یا یک فوتون می نامند. به زبان

علمی تر "فوتون"، یک کوانتوم انرژی تشعشعی است و انرژی که به یک پرتو نسبت داده می شود، انرژی است که یک فوتون دارد (۲۲).

۱-۳-۵ طیف الکترومغناطیس

طیف الکترومغناطیس شامل تمام امواج الکترومغناطیسی است که بر اساس فرکانس و طول موج تقسیم بندی شده اند. این طیف شامل نور مرئی، مادون قرمز، امواج مایکروویو، امواج رادیویی و اشعه X می باشد. خورشید، زمین و دیگر اجسام امواج الکترومغناطیس را در طول موج های مختلف تابش می کنند. نکته با اهمیت در طیف الکترومغناطیس آن است که مناطق مختلف به صورت یک خط کاملاً مشخص از یکدیگر جدا نمی شوند، بلکه لبه های مناطق بر روی هم قرار می گیرند (Overlap)، در نتیجه تغییرات ناگهانی در خصوصیات و ویژگی های هر منطقه نسبت به مناطق مجاور خود رخ نمی دهد؛ به عبارت کاملتر وقتی از منطقه امواج رادیویی به منطقه مادون قرمز یا از منطقه ماوراء بنفش به منطقه اشعه X حرکت نماییم، تغییرات تدریجی اند (۲۲). در فرکانس های بالای طیف، مانند uv و X-ray، فوتون ها انرژی قابل ملاحظه ای برای شکستن پیوندهای شیمیایی دارند؛ این شکسته شدن باندها، یونیزاسیون نامیده می شود و این قسمت از طیف تحت عنوان یونیزان خوانده می شود. در فرکانس های پایین مانند نور قابل رویت MV و RF، انرژی یک فوتون برای جدا کردن باندهای شیمیایی خیلی پایین است و این قسمت از طیف الکترومغناطیس، غیر یونیزان خوانده می شود. بنابر این اثرات بیولوژیک امواج الکترومغناطیس را می توان به دو قسمت زیر تقسیم کرد:

بخش تابشی یونیزان، جایی که آسیب شیمیایی به صورت مستقیم روی می دهد مثل X-ray.

بخش تابش غیر یونیزان که خود به زیر گروه هایی تقسیم می شود

الف) بخش تابش نوری که تحریک الکترونی می تواند روی دهد (مثل نور قابل رویت و مادون قرمز).

ب) بخشی که طول موج کوتاهتر از بدن می باشد و گرما بوجود می آید (مثل RF-MV با فرکانس بالا).

ج) بخشی که طول موج بلندتر از بدن است و گرما به ندرت بوجود می آید (مانند RF با فرکانس پایین- فرکانس های قوی میدان های ثابت (۲۴).

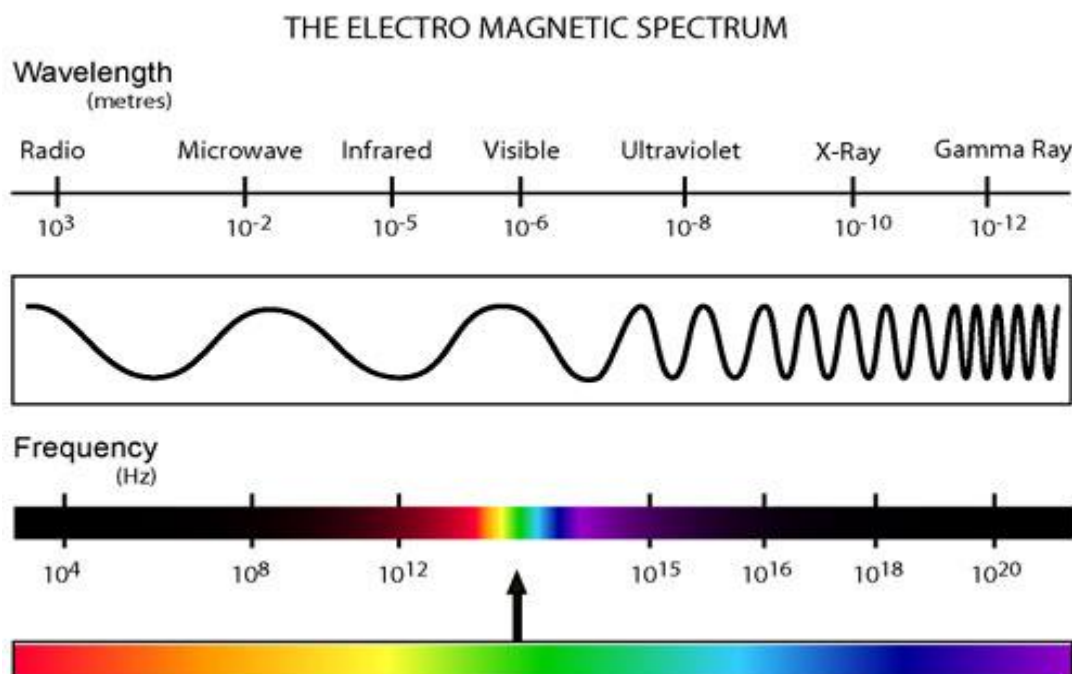
واحدهای مورد استفاده برای اندازه گیری میدان های مغناطیسی ثابت به شرح زیر می باشد (۲۴).

$$1\text{T} = 1000\text{mT}$$

$$1\text{Mt} = 1000 \text{ micro T}$$

$$1\text{G} = 100 \text{ micro T}$$

$$10\text{G} = 1\text{m T}$$



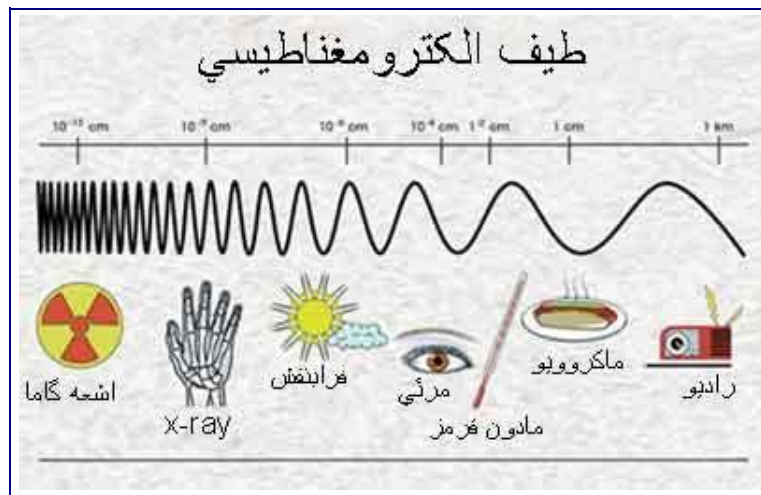
۱-۳-۶- مکانیزم اثر میدان های الکترومغناطیس

درمورد مکانیزم اثر میدان های الکترومغناطیس نیز مطالعات متعددی صورت گرفته و فرضیه هایی ارائه شده است. این فرضیات بیان می کند که تشعشع ها را می توان به دو دسته یونیزان مستقیم و غیر مستقیم تقسیم کرد. ذرات باردار مانند پروتون، نوترون، الکترون و پوزیترون، پرتوهای یونیزان مستقیم هستند. یعنی هر ذره دارای انرژی جنبشی کافی است، به طوری که مستقیماً می تواند ساختمان اتمی ماده جاذبی را که

از آن عبور می کند، شکسته و در آن تغییر شیمیایی و بیولوژیکی ایجاد کند؛ ولی تشعشعات الکترومغناطیس، پرتوهای یونیزان غیرمستقیم هستند. این پرتوها خود ایجاد صدمات شیمیایی و بیولوژیکی نمی کنند، بلکه در حین عبور از ماده جاذب، انرژی جنبشی خود را از دست داده و تولید ذرات باردار سریع (الکترون های سریع) می کنند. پدیده جذب اشعه های یونیزان غیر مستقیم بستگی به انرژی فوتون مورد نظر و ترکیبات شیمیایی ماده جاذب دارد. وقتی یک فوتون با الکترون مداری یک اتم جاذب برخورد می کند؛ فوتون با الکترونی که معمولاً الکترون آزاد نامیده می شود، برخورد می کند و قسمتی از انرژی فوتون به صورت انرژی جنبشی به الکترون انتقال داده می شود. فوتون با انرژی باقیمانده، احتمالاً با انحراف از مسیر اصلی به راه خود ادامه می دهد. در محل وقوع برخورد فوتون، یک الکترون سریع و یک فوتون با انرژی تقلیل یافته وجود دارند که ممکن است در برخوردهای بیشتری شرکت کنند. در هر حالت فوتون، مقدار کم یا زیادی انرژی از دست می دهد. کاهش انرژی فوتون از نقطه ای به نقطه دیگر، ممکن است از صفر تا ۸۰ درصد متغیر باشد. در عمل، وقتی شعاعی از پرتو توسط نسجی جذب می شود، تعداد بسیار زیادی از فوتون ها با تعداد بی شماری از اتم ها برخورد کرده و بر مبنای آماری، امکان از دست دادن انرژی به هر طریقی وجود دارد. نتیجه این برخوردها تولید تعداد زیادی الکترون های سریع است که بسیاری از آنها قادر به یونیزه کردن اتم های دیگر ماده جاذب و شکستن باندهای شیمیایی حیاتی هستند؛ بدین ترتیب وقایع زنجیره ای که منتهی به صدمات بیولوژیکی می شود، شروع می گردد. وقتی که پرتو جذب مواد حیاتی می شود، انرژی در سلول ها و بافت ها ذخیره می شود. این انرژی پخش نمی شود بلکه به صورت بسته های جداگانه ای باقی می ماند. مقدار بسیاری از انرژی به قسمت هایی از بعضی سلول ها منتقل می شود و اگر باقی بماند، کمی به سلول های دیگر منتقل می شود. انرژی به صورت بسته های بزرگ جداگانه قادر است یک باند شیمیایی را بشکند و زنجیره ای از وقایع را که تغییرات بیولوژیکی هستند، شروع نمایند. اختلاف اساسی بین پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان در اندازه انرژی بسته های منفرد (فوتون ها) می باشد و نه در کل انرژی (۲۲ و ۲۴).

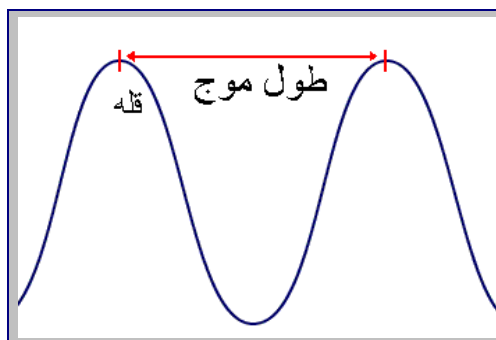
۴-۱ فیزیک امواج الکترومغناطیسی

فیزیک امواج الکترومغناطیسی از طولانی ترین موج رادیویی ، با طول موج های معادل چندین کیلومتر ، شروع شده پس از گذر از موج رادیویی متوسط و کوتاه تا نواحی که موج، فرسرخ و مرئی امتداد می یابد. بعد از ناحیه مرئی فرابنفش قرار دارد که خود منتهی به نواحی اشعه ایکس، اشعه گاما و پرتوی کیهانی می شود. نموداری از این طیف که در آن نواحی قراردادی طیفی نشان داده می شوند در شکل آمده است که این تقسیم بندی ها جز برای ناحیه دقیقاً تعریف شده مرئی لزوماً اختیاری اند.



۱-۴-۱ یکاهای معروف امواج الکترومغناطیسی

- طول موج λ به تناسب مورد، بر حسب متر و همچنین میکرون یا میکرومتر μm ، واحد آنگستروم \AA و واحد ایکس XU نشان داده می شود.
- با به کار بردن متر به عنوان واحد طول، طول موج های نوری بایستی بنا به تناسب بر حسب nm سنجیده شوند، ولی هنوز آنگستروم یک واحد رسمی بوده و به عنوان متداول ترین واحد در طیف نمایی به کار برده می شود.



- واحد XU ابتدا به شکل مستقل طوری تعریف شده بود که رابطه آن با آنگستروم به صورت $1 \text{ XU} = 1002/060 \text{ \AA}$ بود. این واحد اکنون دقیقاً معادل 10^{-10} یا 10^{-13} m تعریف شده است.

- علی رغم طبقه بندی عمومی تابش با طول موج، کمیت مهم از نظر ساختار اتمی و مولکولی فرکانس $c/v = v = c/\lambda_{\text{vac}}$ جایگزین شود. مولفین مختلف واحدهای مختلفی را برای عدد موجی مانند ν ، K و δ به کار می‌برند که همگی یکسان‌اند، در این بحث علامت δ انتخاب شده است، زیرا امکان اشتباه آن با خود ν و یا سایر ثابت‌ها کم است.
- واحد عدد موجی یک بر سانتیمتر است که گاهی کایزر (K) نامیده می‌شود. واحد کوچکتر آن میلی کایزر است که (mk) واحد مناسبی برای ساختار فوق ریز و کارهای مربوط به عرض خطی است. هر چند که متخصصین طیف‌نمایی فرکانس رادیویی برای این قبیل کمیت‌ها واحد فرکانس یعنی MHz را به کار می‌برند ($1 \text{ mk} = 29.979 \text{ MHz}$).
- انرژی موج را بر حسب واحد الکترون ولت (eV) بیان می‌کنند که انرژی‌های فوتونی خیلی بالا (مربوط به طول موج‌های خیلی کوتاه) یک الکترون ولت معادل $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ است.

$$f(E) = \frac{1}{Ae^{E/kT} - 1}$$

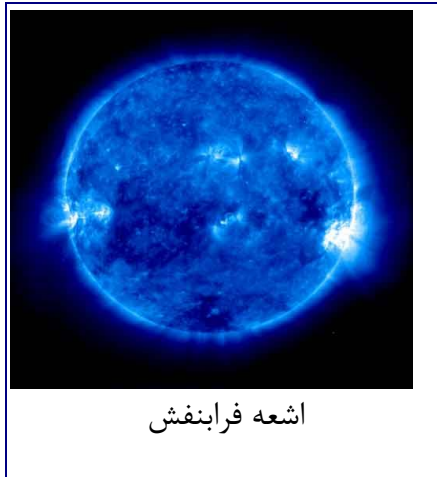
انرژی فوتون

۱-۴-۲ طیف نمایی فیزیکی امواج الکترومغناطیسی

- ناحیه مرئی یا نور مرئی (۴۰۰۰-۷۵۰۰ آنگستروم) توسط نواحی فروسرخ از طرف طول موج‌های بلند، فرابنفش از طرف طول موج‌های کوتاه، محصور شده است. معمولاً این نواحی به قسمت‌های فروسرخ و فرابنفش دور و نزدیک، با محدوده‌هایی به ترتیب در حدود ۳۰ میکرومتر و ۲۰۰۰ آنگستروم تقسیم می‌شوند که نواحی مزبور دارای شفافیت نوری برای موادی شفاف از جمله منشورها و عدسی‌ها می‌باشند.



- تا این اواخر ناحیه مرئی متشکل از فروسرخ تا فرابنفش نور توسط گاف‌هایی از نواحی رادیویی و اشعه ایکس سوا می‌شدند که در آنها بر انگیزش و آشکارسازی تابش با طول موج‌های متناسب ممکن نبوده است. اختراع رادار در سال‌های جنگ (۴۵ - ۱۹۳۸) راه ورود به نواحی فیزیک امواج خیلی کوتاه رادیویی یا کهموج را باز کرد، در حالی که در همان زمان طیف‌شناسان فروسرخ دامنه فعالیت خود را تا به نواحی طول موج‌های بلندتر توسعه می‌دادند. این دو ناحیه هم اکنون در ابعاد کوچکتر از میلیمتر روی هم می‌افتند.
- گاف طول موج کوتاه، به خاطر جالب بودنش برای متخصصین فیزیک پلاسما و اختر فیزیک به خوبی پر شده است. هم اکنون حدود طیف نمایی نوری به زیر ۲ آنگستروم رسیده است در حالی که مرز پرتوهای ایکس نرم تا ۵۰ آنگستروم می‌رسند. تشخیص بین پرتو نوری و پرتو ایکس، در ناحیه پوشش فوق‌الذکر بر منشا خطوط طیفی مبتنی است.



- طیف نمایی نوری با گذارهای الکترونیهای خارجی یا ظرفیتی و طیف نمایی اشعه ایکس با گذارهای الکترونهای داخلی مربوط می باشد. طیفهای نوری، از طول موجهای خیلی کوتاه الکترونهای خارجی عناصری با درجه یونش بسیار بالا به وجود می آیند.

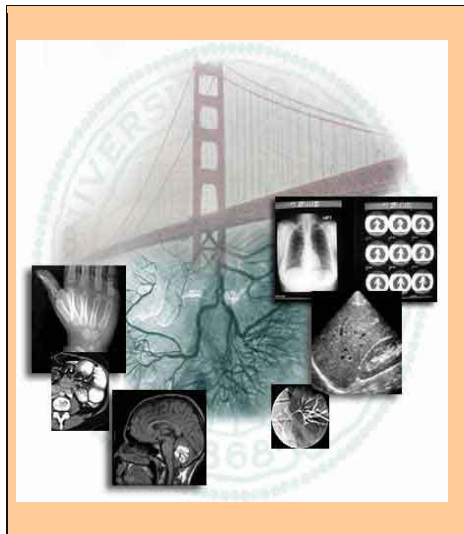
۱-۴-۳ کاربردهای فیزیکی امواج الکترومغناطیسی

- کاربردهای فیزیک امواج الکترومغناطیسی در مخابرات:
از این جمله می توان فیبر نوری، دستگاه رله تلفن، موجرها، ماهواره و... اشاره کرد.



- کاربردهای فیزیک امواج الکترومغناطیسی در نظامی:
مانند بمب الکترومغناطیسی، انواع رادار، ردیابهای موشک و...

- کاربردهای فیزیک امواج الکترومغناطیسی در پزشکی:
از قبیل عکسبرداری مغناطیسی، رادیولوژی، سونوگرافی با لیزر، کاربرد اشعه ایکس و گاما در فیزیک پزشکی و...

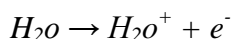


- کاربردهای فیزیک امواج الکترومغناطیسی در صنعت:
انواع برشکاری‌های لیزری، قطار الکترومغناطیسی و صندلی مغناطیسی و...
- کاربردهای فیزیک امواج الکترومغناطیسی در اخترشناسی:
- با مطالعه طیف الکترومغناطیسی گسیل شده از جو می‌توان به ساختار اجرام آسمانی پی برد.

۵-۱- مکانیزم اثر میدان های الکترومغناطیس

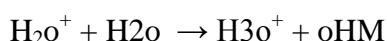
۵-۱-۱ عمل مستقیم و غیر مستقیم تشعشع

DNA در کروموزوم ها نماینده بحرانی ترین هدف است، اما اهمیت غشای هسته را نیز نباید از نظر دور داشت، در سلول مناطقی وجود دارد که قبل از کشته شدن سلول می بایستی آسیب ببینند . هنگامی که شکلی از تشعشع در مواد بیولوژیکی جذب می شوند، این امکان وجود دارد که به طور مستقیم با هدف های بحرانی در سلول برخورد کند. اتم های خود هدف نیز ممکن است یونیزه یا تهییج شوند. بنابراین زنجیره ای از وقایع که منتهی به تغییرات بیولوژیکی می شود، شروع می گردد این پدیده، عمل مستقیم تشعشع نامیده می شود. به تناوب، اشعه ممکن است با اتم ها یا مولکول های دیگر (بخصوص آب) برخورد کرده و رادیکال های آزاد ایجاد کند. این رادیکال های آزاد با رساندن خود به هدف های حساس قادر به نفوذ و ایجاد آسیب هستند. این پدیده، عمل غیر مستقیم تشعشع نامیده می شود . رادیکال های آزاد، یک اتم یا مولکول آزاد (ترکیب نشده) حامل یک الکترون مداری جفت نشده است . یک الکترون مداری نه تنها به دور هسته می چرخد، بلکه به دور محور خود نیز در گردش است. این گردش الکترون ممکن است در جهت عقربه ساعت یا عکس آن باشد. در یک اتم، یا مولکول با یک جفت الکترون، گردش ها به صورت زوجی انجام می گیرد . یعنی برای هر الکترون در حال گردش در جهت عقربه ساعت، یک الکترون در جهت عکس حرکت عقربه ساعت نیز در گردش است. صرف نظر از اینکه اتم یا مولکول از نظر الکتریکی خنثی یا باردار (یونیزه) باشد، این حالت باعث ثبات شیمیایی زیادی می شود . در یک اتم یا مولکول با تعداد الکترون های فرد، یک الکترون تنها وجود دارد و الکترون دیگری وجود ندارد تا چرخش عکس آن را انجام دهد؛ این یک الکترون جفت نشده است. صرف نظر از اینکه اتم یا مولکول از نظر الکتریکی خنثی یا باردار باشد، این وضعیت همراه با قابلیت ترکیب شیمیایی زیادی می باشد . برای سهولت درک مطلب چون ۸۰ درصد سلول از آب تشکیل شده است، آنچه که در برخورد اشعه با مولکول آب انجام می گیرد را در نظر می گیریم . در نتیجه برخورد یک فوتون یا یک ذره باردار مثل یک الکترون یا پروتون، ممکن است مولکول آب یونیزه شود . این رویداد را می توان با معادله زیر نشان داد:



H_2O^+ یک رادیکال یونی است. «یون» اتمی می باشد که دارای بار الکتریکی است؛ زیرا یک الکترون خود را از دست داده است. یک «رادیکال آزاد» شامل یک الکترون جفت نشده در پوسته خارجی خود است؛ در نتیجه از نظر واکنش شیمیایی بسیار فعال می باشد. H_2O^+ هم باردار است و هم دارای الکترون جفت نشده می باشد، یعنی هم یون و هم رادیکال آزاد است (۲۵).

از آنجایی که در زیست شناسی پرتوی، رادیکال های آزاد اهمیت بسیار دارند، بحث و توضیح بیشتری روی آن انجام می شود. از تجزیه رادیکال های یونی «رادیکال های آزاد» تشکیل می شود که باردار نیستند، اما هنوز دارای الکترون جفت نشده هستند. در مورد آب از واکنش رادیکال یونی با یک مولکول دیگر آب، رادیکال هیدروکسیل (OH^\bullet) که بسیار فعال است تولید می شود



OH^\bullet "مجموعه" دارای ۹ الکترون می باشد، بنابراین یکی از آنها جفت نشده است. رادیکال هیدروکسیل یک رادیکال آزاد بسیار فعال است که می تواند در فواصل کمی در سلول نفوذ کند و به هدف حساس سلول برسد. به طوری که تصور می شود، رادیکال آزاد می تواند به اندازه استوانه ای به شعاع ۲۰ آنگستروم در DNA نفوذ کند. حدس زده می شود که ۷۵ درصد صدمات حاصله از پرتوها به DNA در سلول های پستانداران، در اثر رادیکال آزاد OH^\bullet می باشد. البته در عمل مستقیم پرتو، این وضعیت حتی در آب نیز بسیار پیچیده است و زمانی که مواد جاذب متشکل از مواد بیولوژیکی متعددی باشند، پیچیده تر خواهد شد. در عمل غیر مستقیم پرتو، زنجیره وقایع از جذب فوتون تا تغییر بیولوژیکی مشاهده شده نهایی را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

فوتون ورودی ← الکترون سریع ← رادیکال یونی ← رادیکال آزاد ← تغییرات شیمیایی حاصله از شکست باندها ← اثرات بیولوژیکی

در مدت زمان لازم برای ایجاد وقایع گوناگون، اختلاف های فاحشی وجود دارد. رادیکال های یونی دارای عمر کوتاه در حدود 10^{-10} ثانیه و رادیکال های آزاد شاید 10^{-5} ثانیه هستند در حالی که مرحله بین شکست باندهای شیمیایی و ظهور اثر بیولوژیکی ممکن است روزها، ماه ها و یا سال ها نسبت به نوع عارضه

به طول بیانجامد (۲۵). گذشته از این، ریشه های آزاد باعث بروز واکنش های خود تجزیه ای می شوند که در نتیجه آن، مولکول هایی که وارد واکنش شده اند به ریشه های آزاد تبدیل می شوند و به این ترتیب زنجیره آسیب را گسترش می دهند. ریشه های آزاد ممکن است ابتدا از انرژی تشعشعی (مثل نور فرابنفش و یا اشعه ایکس) و یا واکنش های اکسیداسیون و احیایی که در خلال فرآیندهای فیزیولوژیک طبیعی روی می دهند، ایجاد شوند یا اینکه ممکن است این ریشه ها در نتیجه سوخت و ساز مواد شیمیایی توسط آنزیم ها ایجاد شوند. انرژی تشعشعی می تواند آب را تجزیه و ریشه های OH (یون هیدروکسیل) و H° تولید کند. یون هیدروکسیل بسیار سمی است، این یون قادر به ایجاد اثرات بیولوژیک مولکولی است و باعث شکست و تغییر اساسی در DNA و کراس لینک های اسیدهای نوکلئیک و پروتئین ها، غیر فعال کردن آنزیم ها و پراکسیداسیون چربی ها می شود بنابراین می تواند در فرآیندهای رشد و تکامل سلول دخالت کند. قرارگیری در معرض ترکیبات متعدد شیمیایی و اشعه های غیر یونیزان باعث تولید رادیکال های آزاد در سلول می شود (۲۶).

یافته های اخیر در رابطه با مولکول های ناپایدار و کوچک (NO) نیتریک اکسید به عنوان واسطه فیزیولوژیکی، اهمیت رادیکال های آزاد اکسیژن را در سیستم های بیولوژیکی نشان داده است. NO یک نوروترانسمیتر در تنظیم جریان خون شریانی مغز است که به عنوان یک عامل مؤثر در پاتوژنز بیماری آلزایمر شناخته شده است (۲۶ و ۲۷).

ریشه آزاد دیگری که می تواند در نتیجه احیاء اکسیژن مولکولی پدید آید، ریشه سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$) است. روش طبیعی این است که اکسیژن به آب احیاء شود ولی در برخی از واکنش هایی که در آن اکسیدازها (مثل گزانتین اکسیداز) وارد عمل می شوند (درمیتوکندری ها، لیزوزوم ها و غشاء پلاسمایی)، $O_2^{\cdot-}$ ایجاد می شود. برخی فلزات مثل آهن و مس، فلزات انتقالی نامیده می شوند چون قادرند ظرفیت شیمیایی خود را تغییر دهند. بنابراین در خلال انتقال یا الکترون هایی آزاد می کنند یا می گیرند؛ در نتیجه تشکیل ریشه های آزاد را تسریع می کنند. چنین موردی را می توان در واکنش فنتون (Fenton) مشاهده کرد:



به این ترتیب آهن در آزار ناشی از اکسیژن، ماده سمی مهمی به شمار می رود؛ چرا که OH^- تولید شده بسیار سمی است. با این وجود آهن آزاد به شکل یون فریک (Fe^{+3}) است؛ ولی می تواند به شکل فروی خود (Fe^{+2}) احیاء شده و در واکنش فنتون دخالت نماید. در این مورد می توان فرض کرد که امواج مایکروویو یک فرآیند با واسطه آهن است که تشکیل هیدروکسیل رادیکال آزاد را در سلول افزایش می دهد و منجر به شکست باندهای DNA و تغییرات سلولی می شود. سلول هایی با قدرت جذب بالای آهن، به عنوان مثال بررسی سلول های درحال تکثیر، دارای بیشترین زمان آسیب پذیری در طول فاز G/S از سیکل سلولی را دارا است یعنی زمانی که رسپتورهای ترانسفرین بیان شده و آهن به مقدار زیادی نفوذ می کند، رادیکال های آزاد مقدار زیادی از پراکسید هیدروژن را از طریق واکنش فنتون در حضور آهن تولید می کنند. سلول ها ی با نسبت متابولیکی بالا مقدار زیادی پراکسید هیدروژن را از طریق انتقال الکترون میتوکندری تولید می کنند؛ بنابراین نسبت به اثرات میدان های الکترومغناطیس بیشتر آسیب پذیر می شوند. از طرف دیگر اثرات سوء میدان های الکترومغناطیس بستگی به توانایی سلول ها در ذخیره آهن به شکل فریتین دارد؛ برای مثال سلول های کبدی نسبت به اثرات میدان های الکترومغناطیس حساسیت کمتری دارند حتی زمانی که ورودی آهن زیادی داشته باشند؛ زیرا آنها دارای مقدار زیادی فریتین هستند. سلول های سرطانی با داشتن گیرنده های ترانسفرین زیاد در سطح خود شناخته می شوند و در نتیجه مقدار جذب آهن بالایی دارند (۲۸).

آثار رادیکال های آزاد بسیار وسیع و گسترده است ولی چهار واکنش وجود دارد که بالاخص با آزار سلولی در ارتباط است

(۱) پراکسیداسیون چربی های غشاء : ریشه های آزاد در حضور اکسیژن می توانند باعث پراکسیداسیون چربی های درون پلازما و غشاء اندامک ها و آسیب به شبکه رتیکولوم اندوپلاسمیک و میتوکندری ها و سایر اجزاء میکروزومی شوند. چربی های اشباع نشده دارای پیوندهای دو گانه بین برخی از اتم های کربن خود هستند. این پیوندها در برابر تهاجم ریشه های آزاد مشتق از اکسیژن آسیب پذیرند. فعل و انفعالاتی که بین ریشه ها و چربی ها روی می دهند، پراکسیدهایی پدید می آورند که ناپایدار و واکنش دهنده هستند بنابراین

واکنش های زنجیره ای خود تجزیه ای پدید می آید که منجر به آسیب وسیع غشاءها، اندامک ها و خود سلول می شوند.

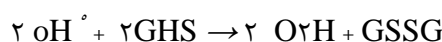
۲) آسیب به میتو کندری ها : این اثر ارتباطی با پراکسیداسیون چربی ها ندارد ولی باعث از دست رفتن عملکرد میتو کندری ها شده و درست همان آثار هایپوکسی را بر روی میتو کندری ها بروز می دهد

۳) ضایعات DNA: واکنش هایی که بر روی تیمین انجام می شوند، منجر به شکستن یکی از رشته های DNA می شود. آسیب به DNA نیز باعث مرگ سلول و یا تبدیل ماهیت آن به سلول بدخیم می شود.

۴) ایجاد پیوندهای عرضی در پروتئین ها : ایجاد پیوند های عرضی در اسیدهای آمینه ناپایداری چون متیونین، هیستیدین، سیستئین و لیزین باعث آسیب به تمامی سلول و بالاخص آنزیم های غیرفعالی مانند آنزیم های سولفیدریل می شود . ریشه های آزاد ممکن است خودبخود از میان بروند؛ برای مثال پراکسید چون ناپایدار است به طور کامل تجزیه و به اکسیژن و پراکسید هیدروژن تبدیل می شود. سرعت این تجزیه را فعالیت کاتالیک سوپراکسید دیسموتازها (SOD) که در بسیاری از انواع سلول ها یافت می شوند، به میزان قابل توجهی افزایش می دهند.



تعداد دیگری از آنزیم ها مثل (گلووتاتیون پراکسیداز) از سلول در مقابل ریشه های آزاد محافظت می کنند



از نظر تکامل این آنزیم ها ممکن است برای حفاظت سلول ها از گزند و آزار ریشه های آزاد، خود را به حد اعلی رسانده باشند. از سوی دیگر ضد اکسیدان های برونزاد و یا درونزاد مثل ویتامین E، سولفیدریل چون سیستئین یا گلووتاتیون و سرولوپلاسمین نیز ممکن است باعث توقف مرحله شروع تشکیل ریشه های آزاد و یا غیر فعال کردن آن ها شوند (۲۹).

بر اساس مطالعات انجام شده پرتوهایی که خاصیت یونسازی ندارند می توانند اثرات سوء بر سلامت انسان داشته باشند به عنوان مثال افرادی که در اطراف کابل فشار قوی کار می کنند، می توانند به عوارضی مانند سر درد، فشارهای عصبی، خستگی و اضطراب و استرس مبتلا شوند (۳۰). انواع گوناگونی از محرک

های آسیب زای خفیف مثل گرما و پرتوها میتوانند آسیب های غیرقابل ترمیمی در DNA ایجاد کنند و این حالت نیز به صورت خود بخود مسیر خودکشی سلولی را فعال می نماید(۳۱).

۱-۶ امواج مایکروویو

این امواج مانند نور مرئی از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند که فرکانس بسیار بالا و طول موج بسیار کمی دارند. تمام امواج رادیویی، مادون قرمز، نور مرئی، موبایل، رادیو، ماهواره و ... از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند و فرق آنها در فرکانس و توان تشعشع آنهاست.

امواج مایکروویو در مسیر حرکت خود یا پس از برخورد با ماده انعکاس پیدا می کنند یا عبور می کنند و با جذب ماده می شوند. این امواج اگر به سطح فلزات برخورد کنند منعکس خواهند شد، از شیشه و پلاستیک عبور می کنند و موادی که حاوی آب هستند مانند غذاها و بدن انسان انرژی این امواج را جذب می کنند.

فرکانس های بین ۳۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ مگاهرتز برای رابطهای در خط مستقیم که در آن پیام رسانی از طریق آنتن هایی بر فراز برجهای بلند ارسال می شود به کار می رود. ایستگاههای تکرار کننده را که ساختاری برج مانند دارند نیز در فواصل ۴۰ تا ۴۸ کیلومتری (معمولاً بالای تپه ها) کار می گذارند. این ایستگاهها امواج را می گیرند تقویت می کنند و دوباره به مسیر خود می فرستند . بخش مربوط به امواج مایکروویو برای ارتباط مراکز پرجمعیت بسیار مفید است چون فرکانس بالا به معنای آن است که امکان حمل باند عریضی از طریق مدولاسیون وجود دارد و این نیز به این معنی است که هزاران کانال تلفن را می توان روی یک فرکانس مایکروویو فرستاد . باند عریض این نوع فرکانس اجازه می دهد که علائم ارسالی تلویزیون سیاه و سفید و تلویزیون رنگی بر روی یک موج حامل منفرد ارسال شوند و چون این امواج دارای طول موج بسیار کوتاه هستند برای متمرکز کردن علائم رسیده می توان از بازتابنده های بسیار کوچک و اجزای هدایت مستقیم بهره گرفت (۲۲ و ۲۴).

۷-۱ مروری بر آناتومی و بافت شناسی دستگاه تولید مثل مذکر

دستگاه تناسلی مرد شامل بیضه ها، مجاری ناقل اسپرم، غدد ضمیمه (پروستات، کیسه منیو غده کوپر) و آلت تناسلی مردانه می باشد (۳۲).

عمل دوگانه بیضه شامل ترشح هورمونها و تولید اسپرماتوزوآ می باشد. هر بیضه دارای ۱۰۰۰ - ۲۵۰ لوله منی ساز است. قطر لوله منی ساز حدود ۲۵۰ - ۱۵۰ میکرومتر و طول آن در حدود ۷۰ - ۳۰ سانتی متر است و کار تولید اسپرماتوزوئیدها با میزان روزانه حدود $10^8 \times 2$ را به عهده دارد (۳۳ و ۳۴).

لوله های منی ساز، از یک اپی تلیوم پیچیده مطبق به نام اپیتلیوم زایا یا منی ساز مفروش شده اند. اپی تلیوم پوششی منی ساز حاوی دو نوع سلول است: سلولهای سرتولی و سلولهایی که دودمان اسپرماتوزن را تشکیل می دهند.

مجاری تناسلی ترشهی اسپرماتوزوئیدهای تولید شده در بیضه را به سمت سوراخ خارجی آلت مردانه

منتقل می کنند. این مجاری عبارتند از: مجرای اپیدیدیم، مجرای دفران و پیشابراه.

مجرای اپیدیدیم: لوله ای منفرد و پیچ خورده به طول ۴-۶ متر دارای بافت پوششی استوانه ای مطبق

کاذب حاوی مژکهای ثابت می باشد همچنین مجرای اپیدیدیم جزء محیط هایی محسوب می شود که

بیشترین تغییر در پروتئین های غشاء اسپرم را با ترشح گلیکوفسفوکولین ایجاد و از قابلیت یابی اسپرماتوزا

ممانعت می کند. به ویژه بخش های ابتدای این مجرا، محیط لازم برای بلوغ اسپر ماتوزا را فراهم می سازد.

اسپرماتوزا پس از خروج از بیضه و قبل از انزال بیشترین زمان را در اپیدیدیم می گذراند. اسپرماتوزا اکثر

تغییرات لازم برای قدرت باروری و تحرک را طی عبور از اپیدیدیم کسب می کند. مجموعه این تغییرات را

بلوغ اسپرماتوزا می گویند. فاکتورهای ضروری که از اپی تلیوم اپیدیدیم برای بلوغ و ذخیره سازی اسپرماتوزا

در پستانداران ترشح می شود بنظر غیر قابل جایگزین می باشد (۳۳ و ۳۴).

مجرای دفران: لوله ایست منفرد به طول ۴۵ سانتی متر که به وسیله بافت پوششی استوانه ای مطبق کاذب

حاوی مژکهای ثابت پوشیده شده است. عضلات صافی که به فراوانی در اطراف مجرا وجود دارد، انقباضات

دودی قدرتمندی ایجاد می کند که در بیرون ریزی اسپرماتوزوئیدها در حین انزال نقش دارند

گدد ضمیمه دستگاه تناسلی شامل پروستات، سمینال وزیکول (کیسه منی) و غدد بولبو اورترال (کوپر) می باشند(۳۳).

کیسه های منی : به صورت زوج و بین گردن مثانه و پروستات قرار گرفته اند . هر کیسه منی لوله ای است به طول ۱۵ سانتی متر که چون پیچ خورده به صورت توده کوچکی دیده می شود. مخاط آن چین خورده و نامنظم بوده و منظره ای لانه زنبوری ایجاد می کند . اپی تلیوم پوشاننده مخاط مطابق کاذب منشوری و متشکل از سلولهای قاعده ای و منشوری است که سلولهای منشوری دارای میکروویلی های کوتاه و حاوی گرانول های ترشحی در سیتوپلاسم خود می باشند. این سلولها با میکروسکوپ الکترونی خصوصیت سلولهای پروتئین ساز را دارا هستند . فعالیت سلولها بسته به میزان تستوسترون خون می باشد و در صورت کاهش هورمون بلندی سلولها کاهش می یابد . اپی تلیوم به وسیله آستری از جنس بافت همبند غنی از الیاف الاستیک پشتیبانی می شود و توسط لایه نازکی از عضلات حلقوی در داخل و طولی در خارج احاطه شده است. عضلات نیز به نوبه خود توسط بافت همبندی فیبرو الاستیک محصور شده اند . کیسه منی مایع غلیظ و زرد رنگی ترشح می کند که غنی از فروکتوز و حاوی سیترات، پروستاگلاندین و چندین پروتئین می باشد. ترشحات کیسه منی فعال کننده اسپرمها می باشند و حدود ۷۰٪ مایع انزالی را تشکیل می دهند . رنگ زرد مایع انزالی به علت ترشح پیگمان زرد فلاوین توسط کیسه منی می باشد(۳۴).

پروستات (prostate gland): غده ای است مرکب از ۵۰-۳۰ غده لوله ای-حبابی (tubulo alveolar) که پیشابراه پروستاتی را احاطه کرده و ترشحات خود را توسط ۳۰-۱۵ مجرا به آن تخلیه می کنند . غدد تشکیل دهنده پروستات براساس موقعیت خود نسبت به پیشابراه به سه دسته تقسیم می شوند : غدد مخاطی (mucosal glands) که غدد کوچکی هستند که در مجاورت نزدیک پیشابراه قرار دارند . غدد زیر مخاطی (submucosal gland) بزرگتر از غدد مخاطی اند و در اطراف غدد مخاطی قرار دارند . غدد اصلی (main gland) محیطی ترین غدد می باشند که بزرگترین و بیشترین غدد پروستاتی محسوب می شوند . پروستات از بیرون توسط کپسولی از بافت همبند فیبرو الاستیک و مملو از عروق و رشته های عضله صاف احاطه شده است . تیغه هائی از این کپسول جدا شده و با نفوذ به درون پروستات آن را به چندین لوب

تقسیم می کند بنابراین استرومای غده نیز فیبری- عضلانی و حاوی سلولهای بافت همبند می باشد (۳۳) و (۳۴).

غده پروستاتی توسط سلولهای مکعبی یا منشوری ساده پوشیده شده اند ولی در بعضی نقاط یک طبقه سلول پایه ای نیز در اپی تلیوم دیده می شود . ترشحات پروستاتی که قسمتی از مایع انزالی (semen) را تشکیل می دهند، مایعی سروزی و سفید و حاوی چربی، آنزیم های پروتئولیتیک، اسید فسفاتاز، فیبرینولیزین و اسیدسیتریک می باشند. ترشحات این غده توسط هورمون دی هیدروتستوسترون کنترل می شود. مواد ترشحی پروستات در داخل برخی غده ها جمع شده و به صورت اجسامی کروی و کوچک و به رنگ اسیدوفیل مشاهده می گردند که به شن های پروستاتی (prostatic concretions) یا اجسام آمیلاسه (corpora amylacea) معروفند. تعداد این اجسام با پیشرفت سن افزایش می یابد و در صورت کلسیفیه شدن آبی مایل به بنفش دیده می شوند. هیپرتروفی خوش خیم غده که در ۴۰ درصد افراد ۵۰ ساله و ۹۰ درصد افراد ۷۰ ساله دیده می شود مربوط به غدد مخاطی است، در صورتیکه سرطان پروستات که در ۳۰ درصد مردان بالای ۷۵ سال مشاهده می گردد مربوط به غدد اصلی است (۳۲).

غدد کوپر (cowper's gland): این غدد که به غدد بولبویورتال (bulbo urethral) نیز موسومند در ابتدای پیشابراه غشائی قرار دارند و ترشحات خود را به آن می ریزند . کپسولی از بافت همبند حاوی عضله صاف و مخطط غده را احاطه کرده است . تیغه هائی از کپسول جدا و به درون غده نفوذ و آن را به چندین لوب تقسیم می کند . این غدد لوله ای- حبابی توسط اپی تلیوم مکعبی یا منشوری ساده پوشیده شده اند و موکوس مترشحه توسط غدد کوپر، غلیظ و لغزنده بوده و نرم کننده مجرای آلتی می باشد (۳۳ و ۳۴).

۸-۱ اهداف و فرضیات

۱-۸-۱ اهداف اصلی طرح (General objective)

تعیین اثرات امواج مایکروویو بر روی تغییرات مورفومتریک سلول های پروستات و سمینال وزیکول خرگوش

۲-۸-۱ اهداف فرعی طرح (Specific objectives)

۱ - تعیین ارتفاع پرز پروستات و سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه

۲ - تعیین ضخامت پرز پروستات و سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه

۳ - تعیین ضخامت لایه عضلانی در پروستات در گروه های مورد مطالعه

۴ - تعیین تعداد غدد سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه

۵ - تعیین میزان ترشحات غدد سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه

۳-۸-۱ هدف کاربردی

در صورت تایید اثرات منفی امواج مایکروویو بر پروستات و سمینال وزیکول باید تدابیری اتخاذ کرد که از مواجهه مردان مخصوصا در سنین باروری دراز قرار گرفتن معرض امواج مایکروویو پیش گیری گردد.

۴-۸-۱ فرضیات (Hypothesis)

- ارتفاع پرز پروستات و سمینال وزیکول تحت تاثیر امواج مایکروویو کاهش می یابد.

- ضخامت پرز پروستات و سمینال وزیکول تحت تاثیر امواج مایکروویو کاهش می یابد.

- ضخامت لایه عضلانی در پروستات تحت تاثیر امواج مایکروویو کاهش می یابد.

- تعداد غدد سمینال وزیکول تحت تاثیر امواج مایکروویو کاهش می یابد.

- ترشحات غدد سمینال وزیکول تحت تاثیر امواج مایکروویو کاهش می یابد.

فصل دوم

مروری بر متون

2-1- بررسی متون

در طی قرون متمادی و با گذشت سالها، بشر همواره به دنبال پیدا کردن راههایی برای دستیابی به زندگی بهتر و آسوده تر بوده است و بوجود آمدن تکنولوژیهای مختلف و متنوع، علاوه بر آسایش و راحتی که به همراه داشته است ولی خطراتی هم برای سلامتی انسانها به ارمغان آورده است که یکی از این موارد تلفن همراه و امواج مایکروویو میباشد.

امروزه انواع مختلف تلفن همراه که در سرتاسر دنیا استفاده می شود و تکنولوژیهای آن مورد مطالعه قرار گرفته اند تا اثرات تابشهای ناشی از آن بر روی سیستم قلبی عروقی، عملکرد خواب و آگاهی، ترشحات نوروهورمونی، القای تومور و ... را مشخص کنند.

در بین تمامی ارگانهای بدن، بیشترین مطالعات بر روی مغز انجام شده است. در مطالعات اخیر مطرح شده که امواج ساطع شده از تلفنهای همراه بر روی قدرت باروری مردان تاثیر گذاشته و سبب کاهش آن می شود (با توجه به اینکه بیشتر مردان گوشی موبایل خود را در جیب شلوارشان می گذارند و یا آنرا به کمر بندشان وصل می کنند، بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده زمانیکه افراد از هندز فری استفاده می کنند، میزان تشعشعاتی که به بیضه ها می رسد خیلی بیشتر از زمانی است که گوشی در حالت stand by و در جیب شلوار است. با توجه به این دلایل، بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس بر روی سیستم باروری مردان ضروری است).

در سال ۱۹۹۶، Cleary و همکاران مطرح کردند که امواج RF مستقل از اثر گرمایی آن، بر روی انتقال سیگنال در غشای پلاسمایی تاثیر می گذارند (۳۵).

Capri و همکاران بعدا نشان دادند که قرار گرفتن در معرض امواج RF-EMW، با فرکانس ۹۰۰ MHZ سبب افزایش چشمگیری در annexin V-positive لنفوسیت انسانی و افزایش در پتانسیل ذخیره غشای میتوکندری سلولها می شود (بدون هیچگونه تغییری در مسیر آپوپتوزی سلولها). آنها پیشنهاد کردند که این یافته ها ممکن است به علت اثر میدان RF بر روی حرکت flip-flop فسفاتیدیل سرین ناپایدار باشد (۳۶).

در آزمایش دیگری که از annexin V به عنوان مارکر آپوپتوزی استفاده شده بود، تغییر فزاینده چشمگیری در لکه های annexin V بعد از اکسپوزر RF مشاهده شد. هر چند در مطالعاتی که در آنها از سایر مارکرهای آپوپتوزی استفاده شده بود (برای مثال کاسپاز و ...) افزایشی در میزان آپوپتوز دیده نشد. این مسأله باعث مطرح شدن این نظریه شد که شاید RF-EMW باعث تحریک در آپوپتوز با اثر بر روی غشای پلاسمایی (گیرنده های annexin) می شود. البته این امکان هم وجود دارد که سلولها به علت توانایی و ظرفیت ترمیم DNA شان دچار آپوپتوز نشوند (تغییری در ذخیره غشای میتوکندری کاسپاز دیده نشد) (۳۶).

در مطالعاتی که توسط Friedman و همکاران انجام شد، دیده شد که RF-EMW اکسیداسیون NADH را در غشای پلاسمایی تحریک می کند (در سلولهای HELLA) و باعث تولید سوپر اکسید خارج سلولی می شود. اثر RF-EMW بر روی اکسیداسیون NADH فشار اکسیداتیو (oxidative stress) و به دنبال آن سرطانزایی می شود (۱۶).

در تحقیقات انجام شده توسط Rao و همکاران آنها به مشاهداتی دست یافتند که نظریه اثر RF-EMW بر روی غشای پلاسمایی را تایید می کرد. آنها اثر RF-EMW را بر روی حرکت کلسیم در سلولهای بنیادی مشتق شده از سلولهای عصبی بررسی کردند و نشان دادند که افزایش قابل ملاحظه ای در کلسیم داخل سلولی در پاسخ به RF-EMW غیر حرارتی ایجاد می شود. بر اساس مطالعات انجام شده این فرضیه مطرح شد که احتمالاً غشای پلاسمایی هدف اصلی RF-EMW است و اثرات بعدی مشاهده شده RF-EMW، ممکن است تاثیر ثانویه این امواج بر روی غشای پلاسمایی باشد (۳۷).

اثرات RF-EMW بر تخریب DNA، در مطالعات مختلفی در چند دهه اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. Singh و همکاران یک افزایش شکست در DNA های تک رشته ای و دورشته ای را در سلولهای مغز تعدادی rat که مورد تشعشع مقدار مشخصی از امواج قرار گرفته بودند، گزارش کردند. آنها همچنین دریافتند که تابش EMW باعث cross link بین DNA-Pro و DNA-DNA و همچنین افزایش آپوپتوز در نمونه های زیستی rat ها می شود (۳۸).

Nikolova و همکاران هم یک افزایش کم و ناپایدار در شکست DNA های دو رشته ای سلولهای بنیادی جنین موش، بعد از تابشی حاد با دوزی مشخص را گزارش کردند . البته نتایج حاصله از مطالعات انجام شده در مورد اثر RF-EMW بر روی DNA متناقض می باشد (۳۹).

دانشمندان دیگری هم تاثیر RF-EMW را بر روی سلولهای خونی بررسی کرده و کاهش برخی از سلولهای خونی را گزارش دادند (۳۵ و ۴۰).

در بررسیهای انجام شده، احتمال اثر امواج RF بر روی مسیر آپوپتوزی هم مطرح شده است. هرچند که در ارتباط با اثر RF-EMW بر روی آپوپتوزیس همچنان بین دانشمندان اختلاف نظرهایی وجود دارد، اما براساس مطالعات انجام شده در این زمینه نظریه ای وجود دارد مبنی بر اینکه القای آپوپتوز ممکن است وابسته به نوع سلول و مدت زمان در معرض تابش قرار گرفتن باشد (۳۶).

مطالعات بسیار زیادی هم در جهت بررسی ارتباط بین استفاده از تلفن همراه و ناباروری در مردان، انجام شده است و این بررسیها هم چنان ادامه دارند. در یکی از این مطالعات که بر روی ۳۶۱ مرد که به یک مرکز ناباروری مراجعه کرده بودند انجام شد، گزارش شد که استفاده از تلفن همراه بر روی کیفیت اسپرم ها، از طریق کاهش تعداد اسپرمها، کاهش توانایی حرکت و قابلیت حیات آنها و تغییر در شکل اسپرم باعث کاهش ناباروری در مردان می شود (۴۱).

در آزمایشی مشابه که توسط Fejes و همکارانش بر روی ۳۷۱ مرد نابارور انجام شد، چنین گزارش شد که مدت زمان داشتن تلفن همراه و مقدار زمان استفاده از آن در طول روز، رابطه ای عکس با سرعت پیشرونده حرکت اسپرماتوزوآ دارد (۴۲).

در مطالعه ای که Lai و همکارانش در سال ۱۹۹۶ انجام دادند موشها در معرض میدانهای الکترو مغناطیسی با فرکانسهای متفاوت در طول یک مدت مشخص قرار گرفتند و نتایج حاکی از آن بود که وزن بیضه ها نسبت به گروه کنترل تغییری نداشته در حالی که ارتفاع اپی تلیوم اپی دیدیم و مجرای وازودفران نسبت به گروه شاهد تفاوت معنا داری داشته است (۴۳).

در مطالعه ای که Mase و همکاران در سال ۱۹۹۷ انجام دادند، نشان دادند که نتایج پس از قرار گیری بافت بیضه در معرض امواج الکترو مغناطیس باعث تکثیر سلول های لایدیگ و بدنبال آن افزایش وزن بیضه و همچنین افزایش میزان هورمون تستوسترون نسبت به گروه شاهد، شده است (۴۴).

در تحقیقاتی که Ivancsits و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام دادند، نشان دادند که امواج الکترو مغناطیسی حتی با دوز های پایین نیز بر روی کوروموزمها تاثیر منفی داشته و باعث افزایش شکست کروموزومی می گردد که این شکست کوروموزمی خود می تواند سیگنالی برای شروع فرایند آپوپتوز باشد (۴۶).

در مطالعه ای که Neghishi و همکارانش در سال ۲۰۰۲ انجام دادند، نشان دادند که کوروموزومهای اسپرم انسان در میدان های ۵۰ هرتز تفاوت آشکاری نسبت به گروه کنترل از آنورمالی و دیانوتیپ نداشتند (۴۷).

در تحقیقات Davoudi و همکارانش در سال ۲۰۰۲، که بر روی ۱۳ مرد با مایع منی نرمال انجام شد گزارش شد که استفاده از تلفن همراه، ۵ روز مداوم و هر روز ۶ ساعت سبب کاهش سرعت پیشرونده حرکت اسپرماتوزوآ می شود (۴۸). بنابراین براساس مطالعات اپیدمیولوژیک اخیر، نقش قرار داشتن در معرض تابش امواج تلفن همراه بر روی حرکت، شکل و قابلیت حیات اسپرمها و در نتیجه کاهش توانایی باروری در مردان تایید شد. البته Impact این مطالعات، به علت فقدان گروه کنترل (مردانی که هرگز از تلفن همراه استفاده نکرده اند) پایین است، چرا که در این زمان به سختی می شود افرادی را پیدا کرد که هرگز در معرض تشعشعات تلفن همراه قرار نگرفته باشند. از طرف دیگر مطالعه این تابشها بر روی انسانها به صورت *in vivo*، به علت مسائل اخلاقی و قانونی امکانپذیر نیست. به علاوه مطالعات اپیدمیولوژیک بسیاری در این زمینه بر روی حیوانات و نمونه های انسانی در محیط *in vitro* انجام شده و نتایج به دست آمده قابل قبول است.

بسیاری از آزمایشات تایید کردند که EMW اندازه ارگانهای بیضوی را کاهش می دهد. در بررسیهای انجام شده یک کاهش در قطر لوله های سمینی فروس پس از تابش EMW، گزارش شده است. مطالعات Ozguner و همکارانش کاهش در قطر و ضخامت اپیتلیوم لوله های سمینی فروس را پس از تابش میزان مشخصی از RF-EMW نشان دادند (۲۶ و ۴۹). این نتایج، مطالعات Saunders & Kowalczyk مبنی بر

دژنراسیون بارز و مشخص لوله های سمینی فروس موشها در شرایطی که به مدت 30-40 دقیقه تحت تابش امواج ماکرو 50 mW/cm^2 با فرکانس $2/45 \text{ GHz}$ را تایید می کردند (۵۰).

Wang و همکاران مطرح کردند که RF-EMW ممکن است نفوذپذیری سد خونی بیضه را تغییر دهد . وساطت RF-EMW در تشکیل ROS می تواند منجر به تولید پروتئینهای شوک حرارتی (hsp) و فسفریلاسیون شود که سبب افزایش هورمونهای رشد شده و به دنبال آن می تواند سبب افزایش نفوذپذیری سد خونی بیضه شود . البته باید توجه داشت که استفاده از rat، به علت سایز کوچک بیضه ها و همچنین توانایی جابجایی بیضه ها بین شکم و اسکروتوم، برای مطالعات سیستم تولید مثل خیلی مناسب نمی باشد (۵۱).

در آزمایشات قبلی بیان شد که RF-EMW می تواند باعث فشار اکسیداتیو (OS) شود. اسپرماتوزوای انسانی به علت وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع در غشای سلولشان، نسبت به OS بسیار حساسند. نقش RF در تشکیل OS در مایع منی می تواند مسئول نقص در حرکت و قابلیت زیستس اسپرماتوزوآ باشد (۵۲).

Erogul و همکاران هم کاهش پارامترهای اسپرم در نمونه های مایع منی که تحت اکسپوز RF-EMW قرار گرفته بودند را گزارش دادند (۵۳). در تایید این آزمایشات، De Ilius و همکارانش افزایش تشکیل ROS و تخریب بیشتر DNA را به علت RF-EMW گزارش دادند (۵۴).

در مطالعه ای که Bellavite و همکارانش در سال ۲۰۰۳ نشان دادند که امواج الکترومغناطیسی می تواند باعث تغییر در میزان بروز آپوپتوز بخصوص بر روی Germcell شده و همچنین تغییرات هیستوپاتولوژیک در ساختار لوله های مجرای وازودفران گردد (۵۵).

در مطالعاتی که Ding xp و همکارانش در سال ۲۰۰۴ انجام دادند، نشان دادند که در میان مردم کار کننده بر روی رادار های امواج الکترومغناطیس، کیفیت مایع منی و آسیب بالینی اسپرم با توجه به شدت و مدت زمان ماندگاری در معرض امواج تغییر کرده است و بین گروه شاهد و مواجهه تفاوت معناداری دیده می شود (۵۶).

در آزمایشات انجام شده توسط Aitken و همکاران در سال ۲۰۰۵، نشان داده شد که آسیب DNA در قسمت های انتهایی اپی دیدیم در سلول های اسپرمی در موشهای تحت تاثیر با میدان های الکترومغناطیسی بسیار بالا بوده که تاثیر بر جسته ای را بروی تکامل و همچنین ژنوتیپ اسپرم ها گذاشته و می تواند باعث ناباروری گردد (۵۷).

پیش از این هم Aitken و همکاران در سال ۲۰۰۵، تخریب قابل توجه میتوکندریها و ژنوم هسته ای را در اسپرماتوزوای اپیدیدیمی موشها پی که تحت تاثیر RF-EMW بودند (۱۲ ساعت در روز، به مدت یک هفته) بیان کردند. با توجه به آزمایشات و مطالعات نتیجه می شود که RF-EMW احتمالاً تولید سوپراکسید خارج سلولی را در مایع منی، به علت اثر این امواج بر روی آنزیمهای غشای پلاسمایی، تحریک می کند که در نهایت می تواند منجر به کاهش حرکت اسپرم و قدرت حیات آن شود. البته میزان تخریب DNA ممکن است بسته به SAR (دز ویژه جذبی) و یا مدت زمان اکسپوزر باشد (۵۸).

نتایج مطالعات Flazone و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که میدان های الکترو مغناطیسی تاثیر معنا داری را روی پارامترهای Semen از جمله چگالی و آپوتوز نداشته اند (۵۹).

نتایج حاصل از تحقیقات Rajaei و همکاران در سال ۲۰۱۰ بر روی سیستم تولید مثل موشهای صحرایی نشان داد که قطر مجرای وا زودفران در گروه تحت تاثیر میدان های الکترو مغناطیس نسبت به گروه شاهد کاهش معناداری داشته است همچنین اقطار اپی دیدیم نیز نسبت به گروه شاهد کاهش معناداری داشت (۶۰).

تحقیقات Kesari k.k و همکاران در سال ۲۰۱۰ بر روی دستگاه تولید مثلی موشهای صحرایی، نشان دادند که امواج الکترومغناطیس باعث افزایش درصد آپوتوز در گروههای مواجهه، در مقایسه با گروه کنترل می شود. همچنین کاهش درصدی از عبور مرحله ی M به G2 در چرخه ی سلولی در گروه مواجهه، در مقایسه با گروه کنترل وجود داشته است (۸).

در مطالعه ای که Kumar و همکاران در سال ۲۰۱۱ انجام دادند، مشخص شد که امواج میکروویو اثرات منفی بر روی سیستم تولید مثلی موشهای صحرایی نر داشته و همچنین این امواج یکی از فاکتورهای

ناباروری مردان محسوب می شوند . نتایج حاصل از این مطالعات تغییرات چشمگیری در سطح ROS، هیستون کیناز و سلولهای اپتوتیک بین دو گروه کنترل و تجربی نشان داد (۶۱). با این وجود برای تکمیل نتایج اخیر به نظر می رسد بررسی میدان های الکترو مغناطیسی بر روی سیستم تولید مثل جانداران دیگر می تواند در تعیین میزان آسیب های بافت شناسی امواج الکترومغناطیسی کمک بسیار زیادی در تغییر شیوه زندگی مردم داشته باشد. همچنین بررسی میزان ارتفاع اپی تلیوم بافت های مرتبط با سیستم تولید مثل، اهمیت بسیار زیادی خواهد داشت که سعی شده است در این مطالعه گنجانده شود.

List of abbreviations

RF-EMW: Radiofrequency electromagnetic waves

SAR: Specific Absorption Rate

OS: Oxidative stress

Hsp: Heat shock protein



فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- جمعیت مورد مطالعه و چگونگی انجام آزمایش

۳-۱-۱- گروه‌بندی حیوانات

در این مطالعه تعداد ۱۸ سر خرگوش نر سفید با نژاد خالص نیوزلندی با وزن ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ گرم استفاده شد که حدود ۳ ماه سن داشتند و از موسسه واکسن و سرم سازی رازی کرج خریداری شدند؛ خرگوش‌های مورد استفاده در این تحقیق در قفس‌های آلومینیومی به صورت گروه‌های ۶ تایی نگهداری می‌شدند. از ظروف پلاستیکی به عنوان ظرف آب استفاده می‌شد. روزانه به آنها غذا داده می‌شد. رژیم غذایی آنها از غذایی فشرده و آماده شده بود. شرایط فیزیکی و بهداشتی محل نگهداری مطلوب بود. شرایط نوری اتاق نگهداری ۱۰ ساعت روشنایی (۷ صبح تا ۵ بعد از ظهر) و ۱۴ ساعت تاریکی بود. درجه حرارت آن بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتیگراد بود، تهویه اتاق بطور مداوم انجام می‌شد. قفس‌ها هر روز تمیز می‌شد. خرگوش‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تجربی و یک گروه کنترل تقسیم شدند. در هر گروه ۶ سر خرگوش تحت مطالعه قرار گرفتند. خرگوش‌های گروه تجربی در شرایط کنترل شده‌ای درون یک محفظه‌ی عایق شده مخصوص (جهت جلوگیری از هر گونه نشت پرتو)، با امواج شبیه سازی شده میکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز با توان خروجی ۳ وات و ۶ وات (به منظور ایجاد توان میدان مغناطیسی به هنگام مکالمه) به مدت ۲ هفته، روزی ۲ ساعت مواجه شدند. به منظور تطابق پذیری نیز یک هفته استراحت به خرگوش‌ها داده شد. پس از انجام هر یک از مراحل آزمایشی فوق (یک هفته مواجهه، یک هفته مواجهه، یک هفته استراحت)، حیوانات با استفاده از بیهوشی کشته شدند.

۳-۲- دستگاه مولد امواج میکروویو

مشخصات دستگاه: این دستگاه پس از اتصال به آنتن شاخی شکل و اتصال به برق، بر روی مانیتور دستگاه گزینه‌های انتخاب ظاهر می‌شود و با فشردن دکمه‌ی فرکانس و قرار گیری Mode انتخاب روی فرکانس، می‌توان با کلید افزایش و کاهش مقدار فرکانس را انتخاب و کلید Enter را فشار دهیم. همچنین می‌توان، توان و موج مدوله شده را با انتخاب دکمه مورد نظر تنظیم کرد. این دستگاه امواج الکترومغناطیس را با فرکانس‌های ۸۵۰ الی ۹۵۰ مگاهرتز و همچنین امواج مدوله شده ۱۰۰ الی ۲۰۰ کیلوهرتز شبیه سازی می‌کند.

کند. در مطالعه حاضر، امواج این دستگاه بفرکانس ۲۱۷ هرتز تنظیم شد و روی موج حامل ۸۵۰ الی ۹۵۰ مگاهرتز قرار گرفت. توان امواج تولید شده توسط این دستگاه ۱ تا ۶ وات است، که در بررسی حاضر توان ۳ و ۶ وات را به علت نزدیک بودن توان های مذکور با توان خروجی گوشی های موبایل انتخاب شد. حیوانات داخل یک اتاقک شیشه ای که دیواره آن توسط یونولیت پوشیده شده بود قرار گرفتند، تا از تابش امواج به بیرون جلوگیری شود. این دستگاه دارای یک پایه چوبی در وسط اتاقک بود و امواج با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز که شدت آن به ۳ و ۶ وات قابل تغییر است، بطور یکنواخت و شعاعی، از آنتنی که در م رکز دستگاه قرار گرفته بود به اطراف تابیده شد (شکل ۱).



شکل ۱: نمایی از دستگاه مولد امواج ماکروویو و اتاقک قرارگیری حیوانات

۳-۳- تهیه محلول های مورد نیاز به منظور بررسی مورفومتری

۳-۳-۱- طرز تهیه فیکساتیو پارافرمالدئید ۴٪

برای تهیه به شرح زیر عمل شد:

۴۰ گرم از پارافرمالدئید را با ۱۰۰۰ سی سی آب مقطر مخلوط کرده و آن را در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد روی دستگاه Heater به مدت ۲۴ ساعت قرار داده، برای مخلوط شدن دائمی چند عدد مگنت درون ظرف قرارداده شد. پس از شفاف شدن و صاف کردن، محلول بدست آمده پارافرمالدئید ۴٪ است که به مدت چندین ماه در یخچال قابل نگهداری است.

۳-۳-۲- طرز تهیه همتوکسیلن

۵ گرم همتوکسیلن را در ۵۰ سی سی الکل مطلق ۱۰۰ گرم آلوم را در ۱۰۰۰ سی سی آب مقطر حل می کنیم (جهت حل نمودن آلوم از حرارت استفاده شد). سپس همتوکسیلن را به آن اضافه کردیم و مخلوط حاصل را حرارت دادیم. محلول را از حرارت دور کرده و آهسته آهسته اکسید مرکوریک را به آن اضافه کردیم تا به رنگ بنفش تیره در آمد، دوباره حرارت دادیم و سریع از حرارت دور کردیم و صبر کردیم تا سرد شود. پس از سرد شدن به ازای هر ۱۰۰ سی سی از محلول فوق ۴-۲ سی سی اسید استیک اضافه شد. در نهایت محلول آماده شده را صاف کرده و مورد استفاده قرار دادیم

۳-۳-۳- طرز تهیه ائوزین

۳ گرم پودر ائوزین را در ۵۰ سی سی آب مقطر حل کرده و کاملاً "تکان دادیم، سپس ۴ سی سی اسید استیک گلاسیال اضافه شد.

۳-۳-۴- طرز تهیه اسید الکل

برای تهیه اسید الکل، ۱ سی سی اسید کلریدریک به ۹۹ سی سی اتانول ۷۰٪ اضافه شد.

۳-۳-۵- طرز تهیه کربنات لیتیم

برای تهیه کربنات لیتیم نیز ۲ گرم پودر کربنات لیتیم را در ۱۰۰ سی سی آب مقطر حل کردیم.

۳-۴- تشریح و نمونه برداری

در ابتدا خرگوش ها با تزریق کتامین (۶۰ mg/kg) و زایلازین (۶ mg/kg) بیهوش شدند. پس از ثابت کردن حیوان، به وسیله قیچی و پنس پوست ناحیه دنده ها و قفسه سی نه را در امتداد خط میانی بدن تا قاعده گردن برش داده، با استفاده از تیغ بیستوری و قیچی یک شکاف طولی در امتداد خط میانی بدن ایجاد شد،

سپس با دقت فراوان پروستات و سمینال وزیکول ها سریع جدا شدند . پروستات و سمینال وزیکول ها به قطعات کوچک تقسیم شدند و در پارافرمایید ۱۰٪ با PH ۷/۲ به مدت ۷۲ ساعت جهت فیکساسیون قرار داده شدند؛ سپس مراحل آگیری تدریجی با اتانول (۵۰٪-۱۰۰٪) و شفاف سازی با زایلین و قالب گیری در پارافین انجام شد و برشهای سریالی ۴-۵ میکرونی تهیه و در نهایت از هر نمونه ۵ برش انتخاب شده (برش های شماره ۵، ۸، ۱۱، ۱۴ و ۱۷) و توسط هماتوکسیلین و ائوزین جهت مشاهدات هیستوپاتولوژی برای میکروسکوپ نوری رنگ آمیزی شدند.

۳-۵- مراحل آماده سازی بافت جهت مطالعه با میکروسکوپ نوری

همانطور که گفته شد؛ پس از کشتن خرگوش ها، نمونه های مورد نظر در فرمالین ۱۰٪ نگهداری شد. نام هر نمونه و شماره حیوان مورد نظر روی ظرف نوشته شد . برای اینکه فیکساسیون بخوبی انجام گیرد، ابعاد نمونه ها تا حد امکان کوچک انتخاب گردید و حجم فیکساتیو ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه انتخاب شد. نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در فیکساتیو باقی ماندند. سپس مراحل پاساژ یا گردش بافت توسط دستگاه Tissue Processor طبق مراحل زیر انجام شد:

۳-۵-۱- فیکساسیون Fixation

| محلول | مدت | حجم |
|-----------------|--------|------------------------|
| فرمالین ۱۰ درصد | ۳ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| فرمالین ۱۰ درصد | ۳ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |

۳-۵-۲- آب گیری Dehydration

| محلول | مدت | حجم |
|-----------------|-----------|------------------------|
| الکل اتیلیک ۷۰٪ | ۱ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| الکل اتیلیک ۸۰٪ | ۱ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| الکل اتیلیک ۹۰٪ | ۱/۵ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| الکل اتیلیک ۹۶٪ | ۲:۱۵ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| الکل اتیلیک ۹۶٪ | ۲:۱۵ ساعت | ۱۰۰-۵۰ برابر حجم نمونه |

۳-۵-۳ شفاف سازی Clearing

| محلول | مدت | حجم |
|--------|--------|------------------------|
| گزیل ۱ | ۲ ساعت | ۵۰-۱۰۰ برابر حجم نمونه |
| گزیل ۲ | ۲ ساعت | ۵۰-۱۰۰ برابر حجم نمونه |

۳-۵-۴ آغشتگی Impregnation

| محلول | مدت | حجم |
|------------------------|--------|-----------------------|
| پارافین مذاب ۱ (۵۰-۶۰) | ۲ ساعت | ۲۰-۵۰ برابر حجم نمونه |
| پارافین مذاب ۲ (۵۰-۶۰) | ۲ ساعت | ۲۰-۵۰ برابر حجم نمونه |

۳-۵-۵ قالب گیری Embeding

برای تهیه مقاطع میکروسکوپ نوری از نمونه های بافت اپیدیدیم و مجرای دفران که مراحل ثبوت و آماده سازی را گذرانده اند، لازم بود که این نمونه ها در بلوک های پارافین قالب گیری شوند . برای این منظور از قالب های کوچک فلزی استفاده شد . برای قالب گیری ابتدا پارافین را ذوب کرده و آن را درون قالب تهیه شده ریختیم. سپس نمونه بافت را به وسیله پنس گرم برداشته در پارافین گذاشته و در جهت مناسب قرار دادیم (Orientation). لازم است که به منظور شناسایی نمونه های بافتی قالب گیری شده، بر روی هر یک از بلوک های پارافینی تهیه شده، نام مربوط به هر نمونه نصب شود . بدین ترتیب نمونه در یک بلوک پارافینی در بر گرفته شده و آماده برش می باشد.

۳-۶-۳ برش یا مقطع گیری Sectioning

برای تهیه مقاطع میکروسکوپی بافت، از میکروتوم دورا (Rotary) استفاده شد و مقاطعی به ضخامت ۵ میکرومتر تهیه گردید. مقاطع تهیه شده را در ظرف حاوی آب و الکل شناور کردیم . سپس با یک لام این مقاطع را برداشته و به ظرف حاوی آب ۵۰ درجه سانتی گراد به گونه ای وارد کردیم که مقاطع روی سطح

آب شناور گردند و چین و چروک ها به خوبی ب از شوند. سپس با یک لام دیگر که با قلم الماسه شماره گذاری شده، نمونه تهیه شده را از روی آب برداشتیم. اسلاید ها را برای مدتی حدود ۶۰-۳۰ دقیقه در آون (Oven) با دمای ۵۸-۵۶ قرار دادیم. این کار باعث می شود تا پارافین مقطع بافتی ذوب شده و علاوه بر آن بافت به خوبی بر روی لام بچسبد و در حین رنگ آمیزی جدا نشود

۳-۵-۷- رنگ آمیزی Staining

رنگ آمیزی نمونه ها بر اساس روش روتین هماتوکسیلین - ائوزین به شرح زیر انجام گردید :

۳-۵-۷-۱- مراحل رنگ آمیزی H&E

| ردیف | ماده | مدت | ردیف | ماده | مدت |
|------|-----------------|-----------|------|---------------|---------|
| ۱ | گزیل ۱-۱ | ۵ دقیقه | ۱۳ | آب جاری | ۲ دقیقه |
| ۲ | گزیل ۱-۲ | ۵ دقیقه | ۱۴ | کربنات لیتیم | ۱-۲ بار |
| ۳ | گزیل و الکل ۱ | ۵ دقیقه | ۱۵ | آب جاری | ۲ دقیقه |
| ۴ | الکل مطلق ۱-۱ | ۵ دقیقه | ۱۶ | ائوزین | ۳ دقیقه |
| ۵ | الکل مطلق ۱-۲ | ۵ دقیقه | ۱۷ | الکل مطلق ۱-۲ | ۳ دقیقه |
| ۶ | الکل مطلق ۱-۳ | ۵ دقیقه | ۱۸ | الکل مطلق ۲-۲ | ۳ دقیقه |
| ۷ | الکل مطلق ۱-۴ | ۵ دقیقه | ۱۹ | الکل مطلق ۲-۳ | ۳ دقیقه |
| ۸ | اسید الکل | ۱-۲ بار | ۲۰ | گزیل و الکل ۲ | ۵ دقیقه |
| ۹ | آب جاری | ۲ دقیقه | ۲۱ | گزیل ۱-۲ | ۵ دقیقه |
| ۱۰ | رنگ هماتوکسیلین | ۵-۷ دقیقه | ۲۲ | گزیل ۲-۲ | ۵ دقیقه |
| ۱۱ | آب جاری | ۲ دقیقه | ۲۳ | گزیل ۲-۳ | ۵ دقیقه |
| ۱۲ | اسید الکل | ۱-۲ بار | | | |

۳-۵-۲- چسباندن لامل

پس از خارج کردن لام از گزیل، ۱ یا ۲ قطره چسب Entellan روی برش ریخته و بعد به آرامی و با دقت لامل را روی برش گذشته و با فشار مختصر چسب را پخش کردیم تا به طور یکنواخت زیر لامل قرار گیرد . باید هرگونه حباب هوا را از زیر آن خارج کرد. لامل ها تمیز شد. پس از خشک شدن چسب لام برای مطالعه با میکروسکوپ نوری آماده شد. تصاویر تهیه شده از میان ۱۲۰ اسلاید بافتی تهیه شده، انتخاب شدند. برای عکس گرفتن از میکروسکوپ نوری مدل Ziess و دوربین Nikon-coolpix4500 استفاده گردید. جهت تعیین ضخامت پرز و لایه عضلانی پروستات و تعیین ارتفاع پرز پروستات از بزرگنمایی ۴ و جهت تعیین ضخامت پرز سمینال وزیکول ها و تعیین ارتفاع پرز سمینال وزیکول ها از بزرگنمایی ۱۰ و جهت شمارش تعداد غدد ترشهی سمینال وزیکول ها از بزرگنمایی ۴ استفاده شد.

۳-۶- بررسی مورفومتریکی

برای تعیین ارتفاع پرز پروستات و سمینال وزیکول، فاصله بین راس پرز تا عضله زیر مخاطی همان سمت و جهت تعیین ضخامت پرز در پروستات و سمینال وزیکول ، حداقل راس سلول های پرز در دوطرف ، و برای اندازه گیری ضخامت لایه عضلانی در پروستات ارتفاع لایه عضلانی توسط نرم افزار فتوشاپ اندازه گیری شد. سپس با اندازه گیری حداقل ۵ مورد در هر نمونه و تعیین میانگین، پارامترهای فوق، مورد آنالیز آماری قرار گرفتند.

هم چنین جهت تعیین تعداد غدد ترشهی در سمینال وزیکول، شمارش در سه میدان دید تصادفی از هر برش انجام و در گروه های مورد مطالعه مقایسه و مورد آنالیز آماری قرار گرفتند . برش های انتخاب شده جهت تعیین ضخامت پرز و لایه عضلانی پروستات و تعیین ارتفاع پرز پروستات با درشت نمایی $\times 4$ و جهت تعیین ضخامت پرز سمینال وزیکول ها و تعیین ارتفاع پرز سمینال وزیکول ها با بزرگنمایی $\times 10$ و برای شمارش تعداد غدد ترشهی سمینال وزیکول ها با درشت نمایی $\times 4$ عکس برداری شده و عکس ها به کامپیوتر منتقل و با برنامه نرم افزار کامپیوتر Image tool ارتفاع پرز پروستات و سمینال وزیکول، ضخامت

پرز پروستات و سمینال وزیکول، ضخامت لایه عضلانی در پروستات و تعداد غدد ترش‌چی سمینال وزیکول در گروه‌ها تعیین شد.

۳-۷- آنالیز آماری

یافته‌ها در قالب جداول آماری و شاخص‌های عددی ارائه گردید. برای آنالیز داده‌ها از آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه با آزمون تبعی دانکن، توکی و شفه استفاده شد و سطح معنی‌دار ۵ درصد در نظر گرفته شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۳ استفاده شد.

فصل چهارم

نتایج و یافته‌ها

۴-۱- نتایج مربوط به بررسی ارتفاع و ضخامت پرز و ضخامت لایه عضلانی در پروستات

ارتفاع پرز پروستات در گروه ۳ وات در مقایسه با گروه کنترل و گروه ۶ وات با کاهش معناداری همراه بود درحالی که ارتفاع پرز در گروه ۶ وات در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ضخامت پرز در هر دو گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل با افزایش همراه بود، که این افزایش فقط در گروه تجربی دوم (۶ وات) نسبت به گروه کنترل معنادار بود ($p < 0.03$). افزایش ضخامت پرز در بین گروه های ۳ وات و ۶ وات معنادار نبود. پس از بررسی ضخامت لایه عضلانی، نتایج حاصله افزایش معنی دار ضخامت لایه عضلانی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل را نشان دادند ($p < 0.001$). البته ضخامت لایه عضلانی در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه تجربی ۳ وات کاهش داشته که این کاهش معنادار نبود. نتایج به دست آمده در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: مقایسه ارتفاع و ضخامت پرز و ضخامت لایه عضلانی پروستات (μm) در گروه های مورد

مطالعه

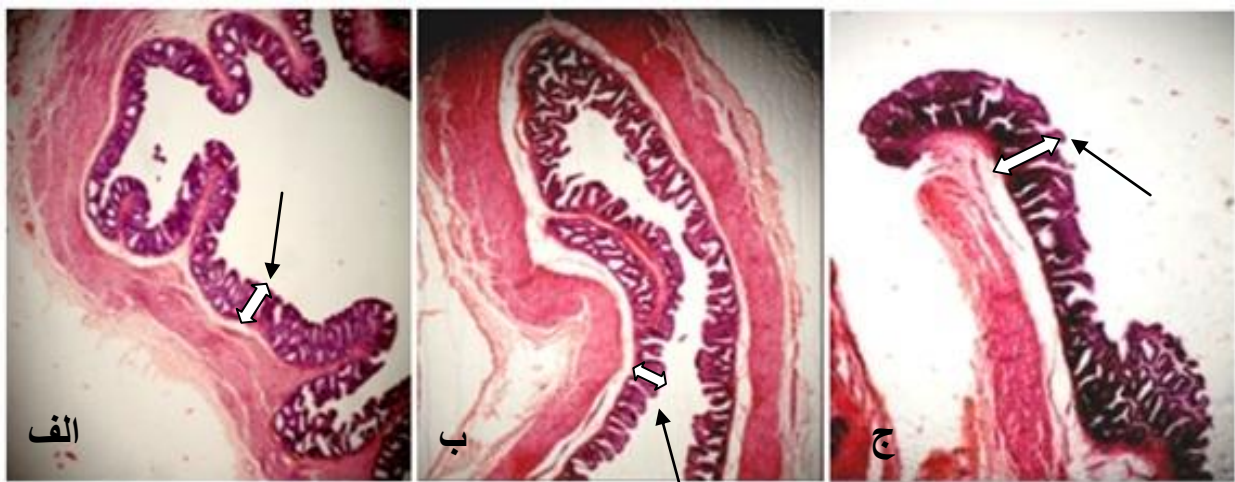
| گروه | ارتفاع پرز (μm) | ضخامت پرز (μm) | ضخامت لایه عضلانی (μm) |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| کنترل | $87/90 \pm 4/7^*$ | $157/39 \pm 9/4^*$ | $142/00 \pm 6/94^*$ |
| ۳ وات | $77/88 \pm 4/46^{**}$ | $162/58 \pm 6/62$ | $191/37 \pm 12/8^{**}$ |
| ۶ وات | $108/68 \pm 6/78^{***}$ | $175/57 \pm 12/8^{***}$ | $183/04 \pm 13/36^{***}$ |
| P value | $p < 0.001$ | $p < 0.03$ | $p < 0.001$ |

میانگین به صورت $\text{Mean} \pm 2 \text{ Std. Error}$ ارائه گردیده است. با توجه به آزمون Tuckey، ارتفاع پرز در هر سه گروه با هم

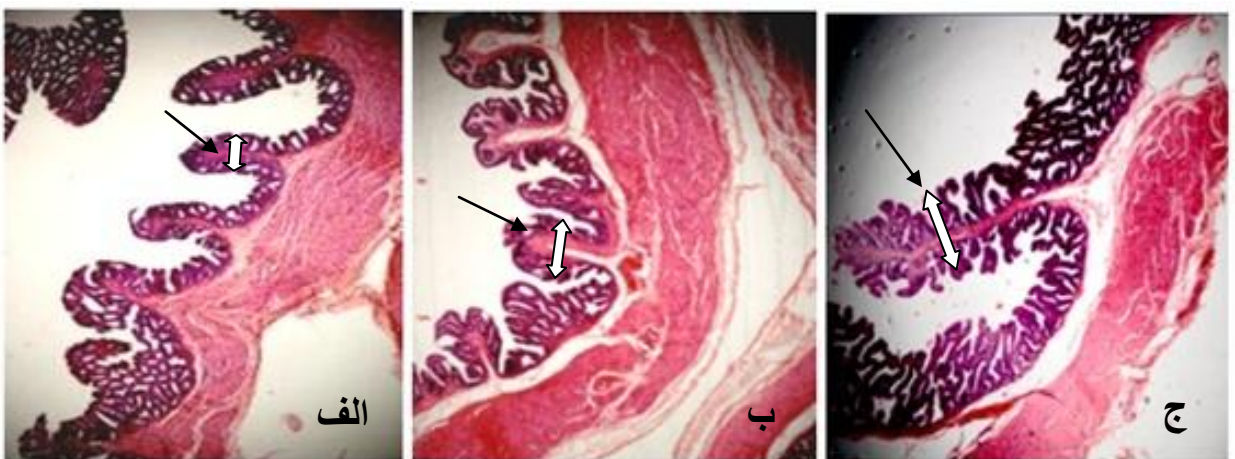
اختلاف معناداری دارند (گروه * و $p < 0.04^{**}$ ؛ گروه تجربی ۳ وات و کنترل با گروه ۶ وات، ($p < 0.001$). ضخامت پرز در گروه

کنترل و ۶ وات اختلاف معنا دار دارند و گروه ۳ وات با هیچ یک اختلاف معنادار ندارد (* و $p < 0.03^{***}$). ضخامت لایه عضلانی در

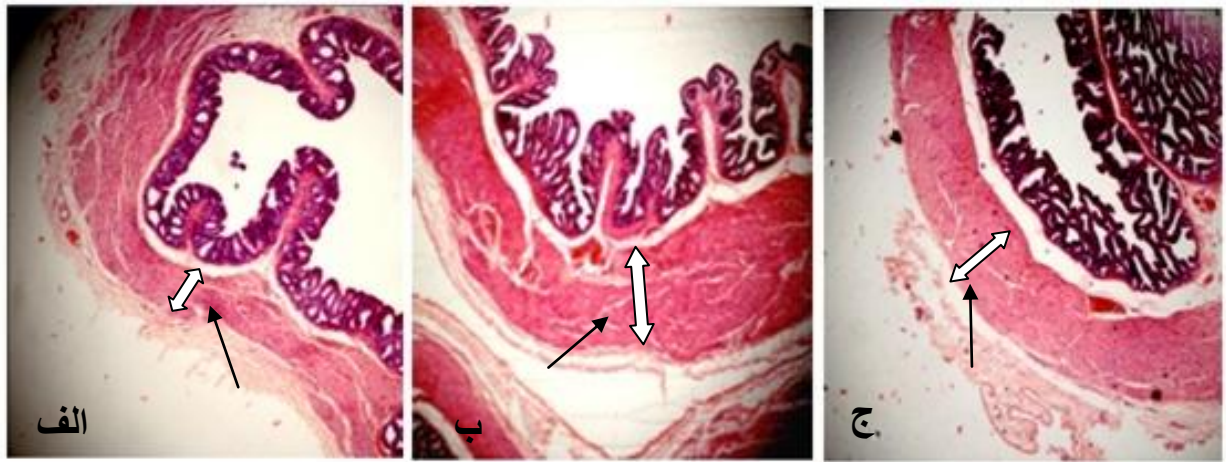
هر دو گروه تجربی با گروه کنترل اختلاف معنادار دارد (* و $p < 0.01^{***}$).



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی از پروستات خرگوش در گروه های مورد مطالعه . ارتفاع پرز در گروه تجربی ۶ وات (ج) نسبت به گروه کنترل (الف) و گروه تجربی ۳ وات (ب)، افزایش را نشان می دهد . همچنین کاهش ارتفاع پرز در گروه تجربی ۳ وات (ب)، در مقایسه با دو گروه دیگر دیده می شود (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمائی $\times 40$).



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی از پروستات خرگوش در گروه های مورد مطالعه . ضخامت پرز در هر دو گروه تجربی (ج و ب) در مقایسه با گروه کنترل (الف) با افزایش همراه بوده است. (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمائی $\times 40$).



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی از پروستات خرگوش در گروه های مورد مطالعه. افزایش ضخامت لایه عضلانی در گروه های تجربی (ب و ج) در مقایسه با گروه کنترل (الف) در تصاویر به چشم می خورد (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمایی $\times 40$).

۲-۴ نتایج مربوط به بررسی ارتفاع و ضخامت پرز، تعداد و میزان ترشحات غدد ترشچی در سمینال وزیکول

در سمینال وزیکول ارتفاع پرز در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). البته ارتفاع پرز در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ضخامت پرز در گروه تجربی ۳ وات در مقایسه با گروه کنترل و گروه تجربی ۶ وات، کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). تعداد غدد ترشچی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت. تعداد غدد در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات نیز، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ترشحات غدد ترشچی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل به میزان چشمگیری کاهش داشت. نتایج به دست آمده در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: مقایسه ارتفاع و ضخامت پرز و تعداد غدد ترشچی سمینال وزیکول (μm) در گروه های

مورد مطالعه

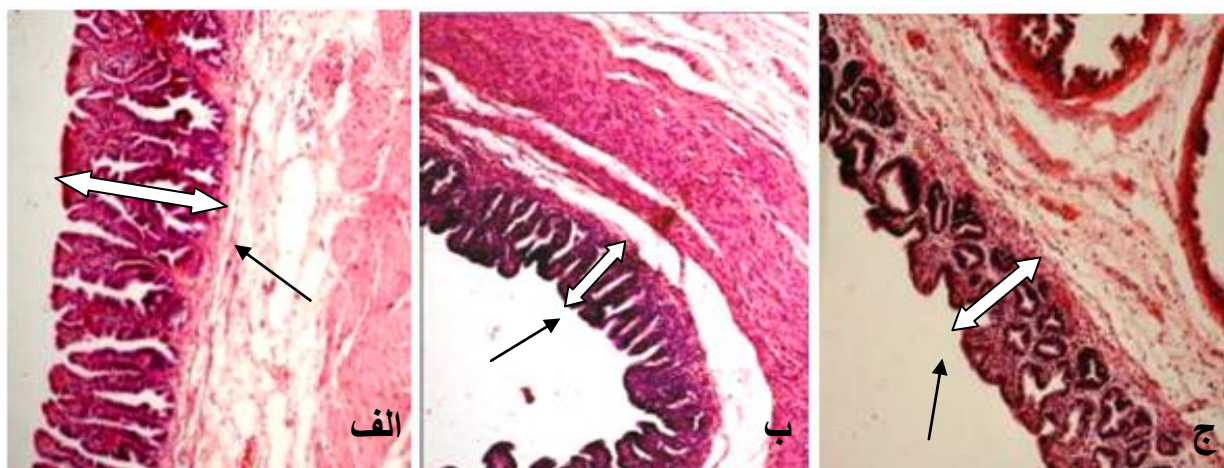
| گروه | ارتفاع پرز (μm) | ضخامت پرز (μm) | تعداد غدد ترشچی |
|---------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| کنترل | ۲۵۵/۸۵ ± ۱۴/۲۵ **** | ۵۵/۸۱ ± ۳/۱۲ * | ۶/۹۷ ± ۰/۷۸ * |
| ۳ وات | ۱۵۰/۹۶ ± ۷/۹۲ ** | ۳۸/۷۰ ± ۱/۷ **** | ۱۷/۰۳ ± ۱/۹ ** |
| ۶ وات | ۲۱۷/۷۹ ± ۱۰/۹ *** | ۵۵/۹۱ ± ۲/۱۴ **** | ۲۳/۲۴ ± ۱/۶۲ **** |
| P value | $p < ۰/۰۰۱$ | $p < ۰/۰۰۱$ | $p < ۰/۰۰۱$ |

میانگین به صورت $\text{Mean} \pm 2 \text{ Std. Error}$ ارائه گردیده است.

با توجه به آزمون Tuckey، ارتفاع پرز در هر سه گروه با هم اختلاف معناداری دارند (* و *** و **** $p < ۰/۰۰۱$).

ضخامت پرز در گروه ۳ وات با دو گروه کنترل و ۶ وات اختلاف معناداری دارد (* و *** و **** $p < ۰/۰۰۱$).

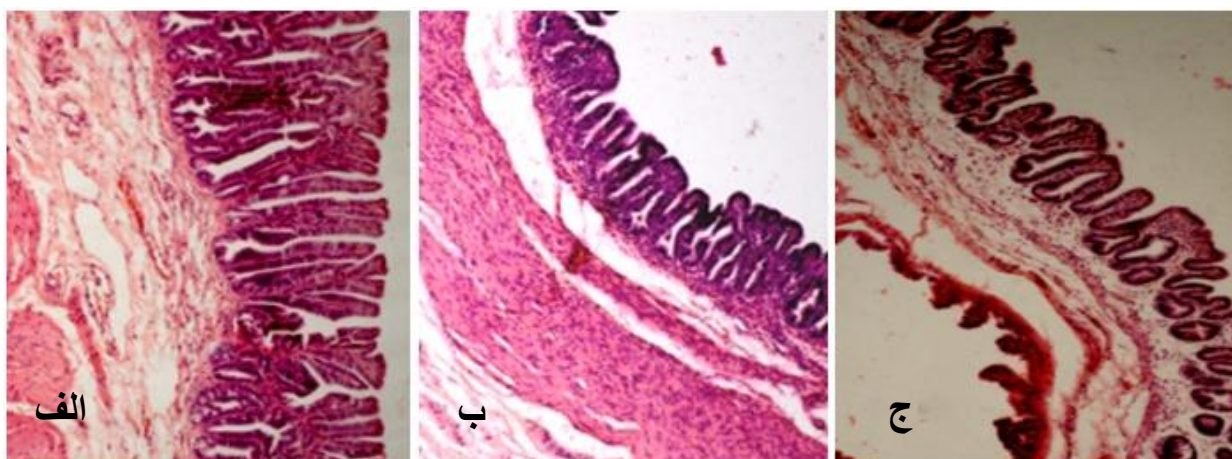
تعداد غدد ترشچی در هر سه گروه با هم اختلاف معناداری دارند (* و ** و *** $p < ۰/۰۰۱$).



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی از سمینال وزیکول خرگوش در گروه های مورد مطالعه . ارتفاع پرز در گروه های تجربی در

مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشته است . البته افزایش ارتفاع پرز در گروه تجربی ۶ وات در مقایسه با گروه ۳ وات

دیده می شود (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمایی $\times ۱۰۰$).



شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی از سمینال وزیکول خرگوش در گروه های مورد مطالعه . ضخامت سلول های پرز در گروه تجربی ۳ وات (ب) در مقایسه با گروه کنترل (الف) و گروه تجربی ۶ وات (ج)، کاهش داشته است (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمائی $\times 100$).



شکل ۷- تصاویر میکروسکوپی از سمینال وزیکول خرگوش در گروه های مورد مطالعه. تعداد غدد در گروه های تجربی (ب و ج) در مقایسه با گروه کنترل (الف) افزایش داشته است. (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمائی $\times 40$).



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی از سمینال وزیکول خرگوش در گروه های مورد مطالعه. ترشحات غدد ترشحاتی در گروه های

تجربی (ب و ج) در مقایسه با گروه کنترل (الف) به میزان چشمگیری کاهش یافته است. (رنگ آمیزی H&E، بزرگ نمایی

۴۰x).

جدول ۳: مقایسه میزان ترشحات غدد ترشحاتی سمینال وزیکول در گروه های مورد مطالعه

| میزان ترشحات غدد ترشحاتی سمینال وزیکول | گروه |
|--|-------|
| **** (زیاد) | کنترل |
| ** (کم) | ۳ وات |
| * (خیلی کم) | ۶ وات |

فصل پنجم

بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- بحث مربوط به تغییرات مورفومتريک پروستات

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارتفاع پرز پروستات در گروه ۳ وات در مقایسه با دو گروه دیگر (گروه کنترل و گروه ۶ وات) با کاهش معنادار همراه بود در حالی که در گروه ۶ وات در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ضخامت پرز در هر دو گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل با افزایش همراه بود، اما این افزایش فقط در گروه تجربی دوم (۶ وات) نسبت به گروه کنترل معنادار بود ($p < 0.03$). بررسی لایه عضلانی پروستات، افزایش معنی دار ضخامت لایه عضلانی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل را نشان داد ($p < 0.001$). بسیاری از مطالعات انجام شده بر روی سیستم باروری مذکر اثرات تخریبی امواج میکروویو را تایید می کنند (۴۰ و ۶۲)، هرچند مطالعات انجام شده بیشتر بر روی بیضه، اپی دیدیم، اختلال در روند بلوغ و تکامل سلول های جنسی نر، تغییرات مورفومتريک و آپوپتوزی اسپرم و... می باشند و مطالعات انجام شده بر روی پروستات و سمینال وزیکول بسیار محدودند و تا کنون به مواردی که در این آزمون مورد بررسی قرار گرفته اند، پرداخته نشده است، با اینحال سایر مطالعات و بررسی های انجام شده بر روی سیستم باروری مرد، تغییرات ناشی از قرار گرفتن در معرض تابش امواج ماکرو را تایید میکنند. نمونه هایی از این بررسی ها، مطالعاتی است که توسط شفیق و همکاران در سال ۲۰۰۵ صورت گرفته و نتایج آن نشان داده است که افرادی که در معرض میدان های الکترومغناطیسی قرار گرفته اند، دچار کاهش اسپرماتوژنیز و فعالیت جنسی شده اند، به طوری که تماس با میدان های الکترومغناطیسی سبب کاهش تعداد اسپرم ها و کاهش تحرک آن ها می شود و نمونه های بیوپسی بیضه نیز نشان دهنده ی تغییرات دژنراتیو می باشد (۱۹). با توجه به این که مطالعه خاصی در رابطه با اثر امواج میکروویو بر روی عضلات انجام نشده است، اطلاعات زیادی مبنی بر تایید یا تکذیب اثر منفی امواج میکروویو بر عضلات در دسترس نمی باشد. تنها در مطالعه ای که Acar Go و همکاران در سال ۲۰۰۹، بر روی عصب صورتی انجام دادند اثر منفی گرمای ناشی از امواج میکروویو ساطع شده از تلفن همراه، بر روی بافتهای عضلانی اطراف این عصب بررسی شد و نتیجه افزایش دما در عضلات را نشان داد (۶۲). مطالعاتی که تا کنون بر روی تاثیر امواج میکروویو بر سیستم های حیاتی صورت گرفته است، علی رغم اینکه گاهی

اوقات نتایج متضادی داشته اند، اما در بسیاری از موارد اثر تخریبی این امواج بر ارگان های مختلف را تأیید می کنند. بر اساس این نتایج، اغلب این امواج سبب اختلال در روند بلوغ و تکامل سلول های جنسی نر شده و در نهایت باعث ایجاد اختلالاتی در باروری می شوند(۶۳).

تحقیقات Davoudi و همکاران، که بر روی ۱۳ مرد با مایع منی نرمال انجام شد نشان داد که استفاده از تلفن همراه، ۵ روز مداوم و هرروز ۶ ساعت سبب کاهش سرعت پیشرونده حرکت اسپرماتوزوآ می شود (۴۸). مطالعه Fejes و همکاران بر روی ۳۷۱ مرد نا بارور، نشان داد که مدت زمان داشتن تلفن همراه و مقدار زمان استفاده از آن در طول روز، رابطه ای عکس با سرعت پیشرونده حرکت اسپرماتوزوآ دارد (۶۵). مطالعات Ding xp و همکاران نشان داد که در میان مردی که بر روی رادار های امواج الکترومغناطیس کار می کنند، کیفیت مایع منی و آسیب بالینی اسپرم با توجه به شدت و مدت زمان ماندگاری در معرض امواج تغییر کرده است و بین گروه شاهد و مواجهه تفاوت معناداری دیده می شود (۵۶). در مطالعه Lai و همکاران، موش ها در معرض میدان های الکترو مغناطیسی با فرکانس های متفاوت در طول یک مدت مشخص قرار گرفتند و نتایج حاکی از آن بود که ارتفاع اپی تلیوم اپی دیدیم و مجرای وازودفران نسبت به گروه شاهد تفاوت معنا داری داشته است (۲۸). مطالعه Meo SA و همکاران اثر تماس طولانی مدت با امواج موبایل و در نتیجه کاهش اسپرماتوژنز و توقف در بلوغ اسپرماتوزوآها در بیضه رت را نشان داد (۱۷). مطالعه Kesari و همکاران نیز، نشان داد که تلفن همراه با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز باعث افزایش آپوپتوز در بیضه رت می شود (66). مطالعه Mase و همکاران در سال ۱۹۹۷، نشان داد که قرار گیری بافت بیضه در معرض امواج الکترو مغناطیس باعث تکثیر سلول های لایدیگ و بدنبال آن افزایش وزن بیضه و همچنین افزایش میزان هورمون تستوسترون نسبت به گروه شاهد، شده است (۴۴).

مطالعه حاضر همانند مطالعات قبلی تاثیر مخرب و منفی امواج میکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگا هرتز بر روی سیستم باروری نر را تایید می کند.

مطالعات Ozguner و همکاران کاهش در قطر و ضخامت اپیتلیوم لوله های سمینی فروس را پس از تابش میزان مشخصی از RF-EMW نشان داد (49). این نتایج، مطالعات Saunders & Kowalczyk مبنی بر

دژنراسیون بارز و مشخص لوله های سمینی فروس موشها در شرایطی که به مدت ۳۰-۴۰ دقیقه تحت تابش امواج مایکروویو 50 mW/cm^2 با فرکانس $2/45 \text{ GHz}$ را تایید می کردند (50).

هم چنین مطالعه Wang و همکاران نشان داد که RF-EMW ممکن است نفوذپذیری سد خونی بیضه را تغییر دهد. وساطت RF-EMW در تشکیل ROS می تواند منجر به تولید پروتئینهای شوک حرارتی (hsp) و فسفریلاسیون شود که سبب افزایش هورمونهای رشد شده، و به دنبال آن می تواند سبب افزایش نفوذپذیری سد خونی بیضه شود (51).

مطالعه Eroglu و همکاران نیز، کاهش پارامترهای اسپرم در نمونه های مایع منی که تحت اکسپوز RF-EMW قرار گرفته بودند را نشان داد (۵۳). در تایید این آزمایشات، De Ilius و همکاران افزایش تشکیل ROS و تخریب بیشتر DNA را به علت RF-EMW گزارش دادند (۵۴).

مطالعه Bellavite و همکاران نشان داد که امواج الکترومغناطیسی می تواند باعث تغییر در میزان بروز آپوپتوز بخصوص بر روی Germcell شده و همچنین سبب ایجاد تغییرات هیستوپاتولوژیک در ساختار لوله های مجرای وازودفران گردد (۵۵).

مطالعه حاضر همانند مطالعات قبلی تاثیر مخرب و منفی امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگا هرتز بر روی سیستم باروری نر را تایید می کند.

با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، تغییرات مورفومتریکی در ساختار پروستات را می توان به اثر مخرب امواج مایکروویو ناشی از خاصیت تشعشعی امواج الکترومغناطیس و افزایش درجه حرارت بدن در بافت تحت تابش (۶۹) و ایجاد رادیکال های آزاد نسبت داد (۶۷ و ۶۸)، که همه این موارد را می توان به عنوان عوامل آسیب رسان برای بافت های بدن به خصوص سیستم باروری در نظر گرفت. (۲۵). مطالعه حاضر نشان داد که امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز (تلفن همراه) می تواند باعث تغییرات مورفومتریکی و آسیب سلول های بافت پروستات شود. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه و به منظور کاهش اثرات سوء امواج الکترومغناطیس بر روی سیستم باروری، توصیه می شود تا حد امکان از استفاده غیر ضروری دستگاه های مولد این امواج اجتناب شود.

۵-۲- بحث مربوط به تغییرات مورفومتریک سمینال وزیکول

در سمینال وزیکول ارتفاع پرز در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). ارتفاع پرز در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ضخامت پرز در گروه تجربی ۳ وات در مقایسه با گروه کنترل و گروه تجربی ۶ وات، کاهش معناداری داشت ($p < 0.001$). تعداد غدد ترشحی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت. تعداد غدد در گروه تجربی ۶ وات نسبت به گروه ۳ وات نیز، افزایش معناداری داشت ($p < 0.001$). ترشحات غدد ترشحی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل به میزان چشمگیری کاهش داشت.

مطالعات Meo و همکاران بر روی موش ویستار نشان داد که امواج موبایل باعث کاهش سطح هورمون تستوسترون در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل می شود (۷۶). آزمایشات Aitken و همکاران در سال ۲۰۰۵، نشان داد که آسیب DNA در قسمت های انتهایی اپی دیدیم در سلول های اسپرمی در موشهایی که تحت تاثیر میدان های الکترومغناطیسی بسیار بالا بوده اند، تاثیر به سزایی بر روی تکامل و همچنین ژنوتیپ اسپرم ها گذاشته و می تواند باعث ناباروری گردد (۵۷). مطالعات Ozguner و همکاران نشان داد که امواج مایکروویو ۹۰۰ مگاهرتز باعث کاهش ارتفاع اپی تلیوم ژرمینال لوله های منی ساز می شود (۴۹).

بررسی های انجام شده در مطالعه حاضر نشان داد که امواج مایکروویو باعث کاهش ارتفاع پرز در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل می شوند. این کاهش ارتفاع می تواند ناشی از کاهش فعالیت هسته و در نتیجه کاهش فعالیت های متابولیکی سلول های اپی تلیالی باشد (۷۰ و ۷۲ و ۷۳). از طرفی میزان ترشح هورمون تستوسترون بر اندازه ارتفاع سلول های اپی تلیوم سمینال وزیکول تاثیر مستقیمی دارد یعنی با کاهش ترشح این هورمون اندازه ارتفاع سلول ها نیز کاهش می یابد و بالعکس (۷۵ و ۲۷). با توجه به این که اپی تلیوم پوشاننده سمینال وزیکول مطابق کاذب منشوری و متشکل از سلولهای قاعده ای و منشوری است که دارای میکروویلی های کوتاه و حاوی گرانول های ترشحی در سیتوپلاسم خود می باشند و فعالیت این

سلولها بسته به میزان تستوسترون خون بوده و در صورت کاهش هورمون بلندی سلولها کاهش می یابد، امواج مایکروویو باعث کاهش سطح سرمی هورمون تستوسترون شده و به دنبال آن ارتفاع سلول های اپی تلیوم و به تبع آن ارتفاع پرز سمینال وزیکول کاهش یافته است (۲۷ و ۷۵). در نتیجه کاهش این هورمون، میزان فعالیت سلول کاهش یافته و در نهایت سلول به سمت مرگ کشیده و به دنبال آن آپوپتوز نیز افزایش یافته است. بنابراین با استناد به مطالب فوق و مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه می توان این کاهش ارتفاع سلول های اپی تلیال را توجیه کرد (۲۷ و ۷۵).

با توجه به آنچه در نتایج بالا ذکر شد، مطالعات مشابه قبلی انجام شده بیشتر در مورد آثار سوء امواج مایکروویو بر بیضه و پارامتر های مایع semen، مجاری دفران و اپی دیدیم می باشند و در مورد آثار مخرب امواج مایکروویو بر سمینال وزیکول مطالعه ای انجام نشده است. از آنجایی که سمینال وزیکول بافت تمایز یافته ای بوده و تکثیر سلولی در آنجا کمتر اتفاق می افتد بنابراین نسبت به امواج مایکروویو با توان کم مقاوم بوده ولی با افزایش شدت توان دچار افزایش تغییرات مورفو متریک و به احتمال بسیار زیاد آپوپتوز شده است.

پس از شمارش تعداد غدد ترشحاتی سمینال وزیکول در سه میدان دید تصادفی و آنالیز آماری داده های به دست آمده، مشخص شد که تعداد غدد در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. احتمال می رود که این افزایش غدد به علت کاهش میزان هورمون تستوسترون و به دنبال آن کاهش ترشحات غدد بوده و مکانیسمی در جهت جبران فعالیت های بافت مورد نظر باشد (۲۷ و ۷۵). ترشحات غدد ترشحاتی در گروه های تجربی در مقایسه با گروه کنترل به میزان چشمگیری کاهش یافته است که با توجه به وابسته بودن میزان ترشحات این غدد به میزان هورمون تستوسترون، و به علت کاهش هورمون تستوسترون در گروه های تجربی نسبت به گروه کنترل، این پدیده قابل انتظار بود (۲۷ و ۷۵). مطالعه حاضر همانند مطالعات قبلی تاثیر مخرب و منفی امواج مایکروویو با فرکانس ۹۵۰ مگا هرتز بر سیستم باروری خرگوش نر را تایید می کنند.

۵-۳- نتیجه گیری کلی

این مطالعه نشان داد که امواج ماکرو با فرکانس ۹۵۰ مگاهرتز (تلفن همراه) می تواند با افزایش تغییرات مورفومتریکی و آپوپتوزیس و آسیب سلول های اپی تلئال پروستات و سمینال وزیکول باعث اثرات منفی در باروری شود.

۵-۴- پیشنهادات

با توجه به نتایج مطالعات حاضر، موارد زیر برای مطالعات بعدی پیشنهاد می شود:

- بررسی تغییرات آپوپتوزی بر روی پروستات و سمینال وزیکول
- بررسی اثرات امواج ماکروویو بر پارامترهای دیگر باروری از قبیل تعداد، موتیلیتی، مورفولوژی، قابلیت زیست اسپرم و حتی آپوپتوز اسپرم اپی دیدیم به منظور کاربرد در روش های کمک باروری (ART)
- بررسی اثرات امواج ماکروویو با فرکانس های بالا بر سیستم تناسلی مرد
- بررسی اثرات امواج ماکروویو بر سیستم تناسلی زن
- بررسی اثرات امواج ماکروویو بر مراحل مختلف جنینی انسان

منابع و مأخذ

References :

- 1-Marjanović AM, Pavičić I, Trošić I. Biological indicators in response to radiofrequency/microwave exposure. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2012 Sep;63(3):407-16.
- 2-Bayazit V, Bayram B, Pala Z, Atan O. Evaluation of carcinogenic effects of electromagnetic fields (EMF). *Bosn J Basic Med Sci*. 2010 Aug;10(3):245-50.
- 3-World Health Organization (WHO) 2006 WHO research agenda for radio frequency fields. 2006.
- 4-Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M, Mild KH. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med (Lond)* 2000;50:237–245.
- 5-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Phys*. 1998;74:494–522.
- 6-Woldanska-Okonska M, Karasek M, Czernicki J. The influence of chronic exposure to low frequency pulsating magnetic fields on concentrations of FSH, LH, prolactin, testosterone and estradiol in men with backpain. *Neuro Endocrinol Lett* 2004; 25(3): 201-6.
- 7-Rajaei F, Borhani N, Sabbagh-Ziarani F, Mashayekhi F. Effects of extremely low-frequency electromagnetic field on fertility and heights of epithelial cells in pre-implantation stage endometrium and fallopian tube in mice. *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao*. 2010 Jan;8(1):56-60.
- 8- Kesari, K. K., Kumar, S., & Behari, J. (2010). Mobile phone usage and male infertility in Wistar rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 48(10), 987–992.
- 9-Banik S., Bandyopadhyay S. Bioeffects of microwave. A brief review. *Bioresource. Technology*. 2003 Apr;87(2):155-9
- 10-Hyland G. Physics and biology of mobile telephony. *Lancet*. 2000 Nov 25;356(9244):1833-6.

- 11-Al-akhras M, Elbetieha A, Hasan M, Al Omari I, Daramani H, Al biss B. Effects of extremely low frequencymagnetic field on fertility of adult male and female rates. Bioelectromagnetics. 2001 Jul;22(5):340-4.
- 12-Moor HDM. Contribution of epididymal factors to sperm maturation and storage . Andrologia 1998 Aug-Sep;30(4-5):233-9.
- 13-Loscher W, Liburdy RP. Animal and cellular studies on carcinogen effects of low frequency (50/60 Hz) magnetic fields. Mutation Research 1998 Apr;410(2):185-220
- 14-Kesari KK .Effects of microwave at 2.45 GHz radiations on reproductive system of male rats. Toxicological & Environmental Chemistry. 2010; 92:1135-47.
- 15-Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS. Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. Fertil Steril. 2007;88:957–964.
- 16-Friedman J, Kraus S, Hauptman Y, Schiff Y, Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. Biochem J. 2007;405:559–568.
- 17-Meo SA, Arif M, Rashied S, Khan MM, Vohra MS, Usmani AM, Imran MB, Al-Drees AM..Hypospermatogenesis and spermatozoa maturation arrest in rats induced by mobile phone radiation .J Coll Physicians Surg Pak. 2011 May;21(5):262-5.
- 18-Ahmed S. Effect of electromagnetic field exposureon spermatogenesis and sexual actyivity. Asian J Androl. 2005 Mar;7(1):106.
- 19-Ahmed S. Effect of electromagnetic field exposureon spermatogenesis and sexual actyivity.Asian J Androl 2005; 7:106-109.
- 20-Davoudi M, Brossner C, Kuber W. The influence of electromagnetic waves on sperm motility. Urol Urogynacol. 2002;19
- 21-Ding XP, Yan SW, Zhang N, Tang J, Lu HO, Wang XL, Tang Y. A cross-sectional study on nonionizing radiation to male fertility. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi. 2004 Jan;25(1):40-3. Chinese.
- 22- نجم آبادی، فریدون : فیزیک تشعشع و رادیولوژی چاپ دوم.انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص ۴۰-۴۳،۱۳۶۹-۴۰
- 23-Hall J.E. Radiobiology for radiologist. Dr. Mazdarani H. 1st edition. Tarbiat modarres uni. 1369(9-19).

- 24- Moulder JE: Static Electric & magnetic fields & human health. Crit Rev Biomed Engineering, 2004; 26: 1-116.
- 25- اریک ج هال. رادیوبیولوژی برای رادیولوژیست ترجمه دکتر حسین مزدارانی، چاپ اول. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس-1379.
- 26- Ozguner F, Bardak Y, Comlekci S. Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long-term use of mobile phone: a comparative study. Mol Cell Biochem. 2006;282:83–88.
- 27- Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. Urol Res. 1999;27:219–223.
- 28- Lai H. Genetic effect of nonionizing electromagnetic fields, international workshop on 13 biological effect of ionizing radiation. Electromagnetic fields and chemical toxic agent. Insaia, Romania, October 2001; 2-6.
- 29- افشار، ف. سلیمانی‌راد، ج. بررسی تأثیر میدان الکترومغناطیس بر مورفولوژی و تحرک اسپرم و پروستات و مخاط کانال دفران. پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد علوم تشریح (بافت شناسی). ۱۳۷۹. دانشگاه علوم پزشکی تبریز
- 30- Wyllie AH, Kerr JF, Currie AR: Cell death: the significance of apoptosis. Int Rev Cytol, 1980; 68:251-306.
- 31- Gavrieli Y, Sherman Y, Ben-Sasson SA. Identification of programmed cell death in situ via specific labeling of nuclear DNA fragmentation. J Cell Biol, 1992 Nov; 119(3):493-501.
- 32- Gartner LP, Hiatt JL: Color Textbook of Histology . Chapter 21 . 2001.
- 33- Junqueira LCU: Basic Histology . Chapter 22. 1998.
- 34- Soleimani Rad J: Histology . Chapter 19 . 2005.
- 35- Cleary SF, Du Z, Cao G, Liu LM, McCrady C. Effect of isothermal radiofrequency radiation on cytolytic T lymphocytes. FASEB J. 1996;10:913–919.
- 36- Capri M, Scarcella E, Fumelli C, Bianchi E, Salvioli S, Mesirca P, Agostini C, Antolini A, Schiavoni A, Castellani G, Bersani F, Franceschi C. In vitro exposure of human lymphocytes to 900 MHz CW and GSM modulated radiofrequency: studies of proliferation, apoptosis and mitochondrial membrane potential. Radiat Res. 2004;162:211–218.
- 37- Rao VS, Titushkin IA, Moros EG, Pickard WF, Thatte HS, Cho MR. Nonthermal effects of radiofrequency-field exposure on calcium dynamics in stem cell-derived neuronal cells: elucidation of calcium pathways. Radiat Res. 2008;169:319–329.

- 38-Lai H, Singh NP. Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat Biol.* 1996;69:513–521.
- 39-Nikolova T, Czyz J, Rolletschek A, Blyszczuk P, Fuchs J, Jovtchev G, Schuderer J, Kuster N, Wobus AM. Electromagnetic fields affect transcript levels of apoptosis-related genes in embryonic stem cell-derived neural progenitor cells. *FASEB J.* 2005;19:1686–1688.
- 40-Lantow M, Lupke M, Frahm J, Mattsson MO, Kuster N, Simko M. ROS release and Hsp70 expression after exposure to 1,800 MHz radiofrequency electromagnetic fields in primary human monocytes and lymphocytes. *Radiat Environ Biophys.* 2006;45:55–62.
- 41-Makker K, Varghese A, Desai NR, Mouradi R, Agarwal A. Cell phones: modern man's nemesis? *Reprod Biomed Online.* 2009;18:148–157.
- 42-Fejes I, Zavaczki Z, Szollosi J, Koloszar S, Daru J, Kovacs L, Pal A. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? *Arch Androl.* 2005;51:385–393.
- 43-Lai H, Singh NP. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect.* 2004;112:687–694.
- 44-Maes A, Verschaeve L, Arroyo A, De Wagter C, Vercruyssen L. In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes. *Bioelectromagnetics.* 1993;14:495–501.
- 45-Belyaev IY, Koch CB, Terenius O, Roxstrom-Lindquist K, Malmgren LO, W HS, Salford LG, Persson BR. Exposure of rat brain to 915 MHz GSM microwaves induces changes in gene expression but not double stranded DNA breaks or effects on chromatin conformation. *Bioelectromagnetics.* 2006;27:295–306.
- 46-Ivancsits S, diem E, et al. (2002): induction of DNA strand breaks by intermittent exposure to extremely – low frequency electromagnetic fields in human diploid fibroblasts . *Mutat Res* 519: 1-13.
- 47-Negishi T , Imai S, Etabashi M , Nishimura I , Sasanot : studies of 50Hz circularly Polarized magnetic fields of up to 350 microT on reproduction and embryo- fetal development in rats : exposure during organogenesis or during preimplantation. *Bioelectromagnetics* , 2002 Jul;23(5) :369-89-
- 48-Davoudi M, Brossner C, Kuber W. The influence of electromagnetic waves on sperm motility. *Urol Urogynacol.* 2002;19.
- 49-Ozguner M, Koyu A, Cesur G, Ural M, Ozguner F, Gokcimen A, Delibas N. Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. *Saudi Med J.* 2005;26:405–410.

- 50-Saunders RD, Kowalczyk CI. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium. *Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med.* 1981;40:623–632.
- 51-Wang XW, Ding GR, Shi CH, Zhao T, Zhang J, Zeng LH, Guo GZ. Effect of electromagnetic pulse exposure on permeability of blood-testicle barrier in mice. *Biomed Environ Sci.* 2008;21:218–221.
- 52-Cairnie AB, Harding RK. Cytological studies in mouse testis irradiated with 2.45-GHz continuous-wave microwaves. *Radiat Res.* 1981;87:100–108.
- 53-Erogul O, Oztas E, Yildirim I, Kir T, Aydur E, Komesli G, Irkilata HC, Irmak MK, Peker AF. Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility: an in vitro study. *Arch Med Res.* 2006;37:840–843.
- 54-De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, Aitken RJ. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One.* 2009;4:e6446.
- 55-Bellavite P, Signorini A. Biological effects of electromagnetic fields fundamental research in ultra-high dilution and homeopathy. Schulte and PC. En dler, eds. Kluwer Acad. Publ, dordrech. The Nether lands, 2003; pp: 127-42.
- 56-Ding XP, Yan SW, Zhang N, Tang J, Lu HO, Wang XL, Tang Y. A cross-sectional study on nonionizing radiation to male fertility. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi.* 2004 Jan;25(1):40-3. Chinese.
- 57-Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int J Androl.* 2005;28:171–179.
- 58-Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int J Androl.* **2005;28(3):17.**
- 59-Falzone N, Huyser C, Fourie F, Toivo T, Leszczynski D, Franken D. In vitro effect of pulsed 900 MHz GSM radiation on mitochondrial membrane potential and motility of human spermatozoa. *Bioelectromagnetics.* 2008;29:268–276.
- 60- رجائی فرزاد و همکاران. اثر میدان الکترومغناطیسی بر روی اپیدیدیم و مجرای دفران موش. مجله علمی دانشگاه - علوم پزشکی گرگان / بهار ۱۳۸۸ / دوره ۱۱ / صفحات ۷ تا ۱۷

61-Kumar s, Kesari kk, Behari j, Influence of microwave exposure on fertility of male rats. Fertil steril. 2011 Mar 15;95/4: 1500-2.

62-Acar GO, Yener HM, Savrun FK, Kalkan T, Bayrak I, Enver O. Thermal effects of mobile phones on facial nerves and surrounding soft tissue. Laryngoscope. 2009 Mar;119(3):559-62.

63-Bondy ML, Scheurer ME, Malmer B, Barnholtz-Sloan JS, Davis FG, Il'yasova D, Kruchko C, McCarthy BJ, Rajaraman P, Schwartzbaum JA, Sadetzki S, Schlehofer B, Tihan T, Wiemels JL, Wrensch M, Buffler PA. Brain tumor epidemiology: consensus from the Brain Tumor Epidemiology Consortium. Cancer. 2008;113:1953–1968.]

63-McNamee JP, Bellier PV, Gajda GB, Lavallee BF, Marro L, Lemay E, Thansandote A. No evidence for genotoxic effects from 24 h exposure of human leukocytes to 1.9 GHz radiofrequency fields. Radiat Res. 2003;159:693–697.

64-Eberhardt JL, Persson BR, Brun AE, Salford LG, Malmgren LO. Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones. Electromagn Biol Med. 2008;27:215–229.

65-Fejes I, Zavaczki Z, Szollosi J, Koloszar S, Daru J, Kovacs L, Pal A. Is there a relationship between cell phone use and semen quality? Arch Androl. 2005;51:385–393.

66-Kesari KK, Kumar S, Behari J: Mobile phone usage and male infertility in Wistar rats. Indian J Exp Biol. 2010 Oct;48(10):987-92

67-Hardell L, Sage C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomed Pharmacother. 2008;62:104–109.

68-O'Keefe S. Does the use of cell phones cause brain tumors? Clin J Oncol Nurs. 2008;12:671–672.

69-Markkanen A, Penttinen P, Naarala J, Pelkonen J, Sihvonen AP, Juutilainen J. Apoptosis induced by ultraviolet radiation is enhanced by amplitude modulated radiofrequency radiation in mutant yeast cells. Bioelectromagnetics. 2004;25:127–133.

70-Buttiglione M, Roca L, Montemurno E, Vitiello F, Capozzi V, Cibelli G. Radiofrequency radiation (900 MHz) induces Egr-1 gene expression and affects cell-cycle control in human neuroblastoma cells. *J Cell Physiol.* 2007;213:759–767.

71-Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J. Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil Steril.* 2008;89:124–128.

72-Leszczynski D, Joenvaara S, Reivinen J, Kuokka R. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects. *Differentiation.* 2002;70:120–129.

73-Blank M. Do electromagnetic fields interact with electrons in the Na, K-ATPase? *Bioelectromagnetics.* 2005;26:677–683. doi: 10.1002/bem.20167.

74-Ozguner F, Bardak Y, Comlekci S. Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long-term use of mobile phone: a comparative study. *Mol Cell Biochem.* 2006;282:83–88.

75-Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril.* 2008;92:1318–25.

76-Meo, S. A., Al-Drees, A. M., & Husain, S. (2010). Effect of mobile phone on serum testosterone in Wistar Albino rats. *Saudi Medical Journal*, 31(8), 869–873.

The effect of microwave on morphometric changes in rabbit prostate and seminal vesicle

Mansoureh mahdavi gharavi* Farzad Rajaei** Ali Safari***

*MSc. In Anatomy, Cellular & Molecular Research Centre, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

** Associate Professor in Histology, Cellular & Molecular Research Centre, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

***Assistant Professor in Occupational Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Background: Regarding to the Considerable application of microwave in everyday life, their effects on biological tissues are still controversial.

Objective: To determine the effect of microwave on morphometric changes in rabbit prostate and seminal vesicle.

Methods: 18 New Zealand male rabbits 11-13 weeks old were divided into three groups (control, 3 w and 6 w), the animals in the control group were not exposed to microwave while the other ones were exposed to microwave (950 MHz, intensity of 3 watt and 6 watt) 2 hours a day, for 2 weeks. After one week rest, the rabbits were sacrificed using anesthetic drugs and the prostate samples were prepared. After tissue processing and preparing microscopic slides, the heights of the villi, the thickness of the muscle layers and villi were measured using software. Finally, the data were analyzed statistically (SPSS, ANOVA, $P < 0/05$).

Findings: The result showed that the heights of prostate's villi in the 3 watt group significantly decreased compared with the control group and 6 watt group. It also showed a significant increase in 6 watt group compared to other groups (3 & control, $p < 0/001$). The thickness of villi only in 6 watt group, were significantly increased compared to control ($p < 0/03$). The thickness of muscle layer in both 3&6 watt groups significantly increased compared to the control group ($p < 0/001$)

Findings: Review and statistical analysis of the data which were obtained, determined that the height of the epithelium cells in the Group B (3 watt) in comparison with the control group (A) and group C (6 Watt), are significantly decreased. In the other hand, the height of the epithelium in the Group C (6 Watts) compared to the other groups showed a significant increase ($p = 0/05$). The thickness of microvillie in both the experimental group (B & C) compared to the control group (A) had increased along with, this increase in The group B (3

Watts) compared to the control group, was not significant ,but at 6 Watts compared to the control group significant increase was seen ($p=0/05$). After reviewing the thickness of muscle layer in the control group and the experimental group, the results showed an increase in the thickness of the muscle layer in the experimental groups(B&C) compared with the control one (A). This dispute was significant ($P=0/05$).

Conclusion: The present study showed that the micro waves with a frequency of 950 MHz have negative effects on morphometric changes of rabbit prostate and seminal vesicle.

Key words: Cell phone, Microwave, Rabbit, prostate, seminal vesicle.